



TESIS - TI142307

**PENGEMBANGAN MODEL KEBIJAKAN
MAINTENANCE DENGAN MEMPERTIMBANGKAN
PERPANJANGAN PERIODE *LEASE***

CINDY LESTARI
2515201441

DOSEN PEMBIMBING
NANI KURNIATI, S.T., M.T., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN KUALITAS DAN MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



THESIS - TI142307

**THE DEVELOPMENT OF MAINTENANCE POLICY
MODEL BY CONSIDERING LEASE PERIOD
EXTENSION**

CINDY LESTARI
2515201441

SUPERVISOR
NANI KURNIATI, S.T., M.T., Ph.D.

GRADUATE PROGRAM
MANUFACTURE AND QUALITY MANAGEMENT
INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

PENGEMBANGAN MODEL KEBIJAKAN *MAINTENANCE* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PERPANJANGAN PERIODE *LEASE*

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :


CINDY LESTARI
NRP. 2515201441

Tanggal Ujian : 21 Juni 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh Tim Penguji Tesis:


1. Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197504081998022001

(Pembimbing)



2. Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., I.P.U.
NIP. 195908171987031002

(Penguji 1)


3. Dr. Ir. Mokhamad Suef, M.Sc.(Eng.)
NIP. 196506301990031002

(Penguji 2)

Dekan Fakultas Teknologi Industri,


Dr. Bambang L. Widjiantoro, S.T., M.T.
NIP. 19690507 199512 1 001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cindy Lestari

NRP : 2515201441

Program Studi : Magister Teknik Industri – ITS

menyatakan bahwa isi sebagian atau keseluruhan tesis saya yang berjudul:

“PENGEMBANGAN MODEL KEBIJAKAN *MAINTENANCE* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PERPANJANGAN PERIODE *LEASE*”

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Seluruh referensi yang dikutip dan dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2017

Yang membuat pernyataan,

Cindy Lestari

NRP. 2515201441

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENGEMBANGAN MODEL KEBIJAKAN *MAINTENANCE* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PERPANJANGAN PERIODE *LEASE*

Nama Mahasiswa : Cindy Lestari
NRP : 2515201441
Pembimbing : Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Harga beli dan biaya perawatan peralatan semakin mahal, sehingga perusahaan mempertimbangkan untuk *lease* peralatan daripada membelinya. Perpanjangan periode *lease* akan memberikan keuntungan lebih banyak, baik bagi pihak *lessor* (yang menyewakan) maupun pihak *lessee* (penyewa). Pada penelitian sebelumnya, perpanjangan periode *lease* ditawarkan pada awal kontrak. Bagi pihak *lessee*, model ini memiliki resiko dalam pembiayaan seperti ketidakpastian performansi peralatan dan tanggung jawab *lessor*. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba untuk memodelkan kebijakan *maintenance* yang optimal dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* (*extended lease*) yang ditawarkan pada akhir masa kontrak. Tujuannya untuk menghilangkan resiko yang ada pada penelitian sebelumnya. *Minimal repair* dilakukan untuk memperbaiki peralatan gagal agar kembali ke kondisi operasional, sedangkan *imperfect preventive maintenance* untuk meningkatkan kondisi operasional peralatan ketika mencapai batas kontrol optimal agar terhindar dari kegagalan. Model matematika dibangun untuk menentukan batas kontrol, jumlah dan *degree preventive maintenance*, serta jumlah periode *extended lease* optimal. Pada bagian akhir, percobaan numerik diberikan untuk menunjukkan pengaruh panjang *extended lease* dan kebijakan *maintenance* dalam memaksimalkan keuntungan *lessor*.

Kata kunci: batas kontrol, *extended lease*, *minimal repair*, *preventive maintenance*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

THE DEVELOPMENT OF MAINTENANCE POLICY MODEL BY CONSIDERING LEASE PERIOD EXTENSION

By : Cindy Lestari
Student Identity Number : 2515201441
Supervisor : Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

The purchase price and maintenance cost of the equipment are more expensive, thus the company considers to lease the equipment instead of purchase it. The lease period extension will provide more benefits for both the lessor (owner) and the lessee (user). In a previous research, the lease period extension was offered in the beginning of the contract. For the lessee, this model had some risks in finance, such as uncertainty of the equipment performance and lessor responsibility. Therefore, this research attempts to modelling the optimal maintenance policy by considering lease period extension (extended lease) that is offered in the ending of the contract. It aims to eliminate some risks in the previous research. Minimal repair is performed to rectify a failed equipment back to its operational state, while imperfect preventive maintenance is conducted to improve the operational state of the equipment when reaches a controlled limit to avoid failures. The mathematical model is constructed to determine the optimal controlled limit, number and degree of preventif maintenance, and number of extended lease period. Finally, numerical examples are given to illustrate the influences of the optimal length of the extended lease and the maintenance policy to maximize profit of the lessor.

Keywords: controlled limit, extended lease, minimal repair, preventive maintenance

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, serta shalawat kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis berjudul **“PENGEMBANGAN MODEL KEBIJAKAN *MAINTENANCE* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PERPANJANGAN PERIODE *LEASE*”**. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan jenjang pendidikan Strata-2 di Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Keberhasilan penyelesaian tesis ini tentu tidak bisa lepas dari peran semua pihak yang ikut membantu dan memberikan dukungan selama proses penulisan tesis, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Hermanto Suyatim (papa), Ibu Sitti Hawa (mama), Jenny Sabella (kakak), Yeni Markarianita (kakak), Hariadi Yutanto (abang), dan Andi Khrisna Wicaksono (abang) atas do'a dan dukungan yang selalu diberikan selama proses penulisan tesis ini.
2. Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing tesis atas segala keikhlasan, kebaikan dan kesabaran Ibu dalam membimbing penulis. Walaupun dalam keadaan sibuk dengan jadwal rapat dan mengajar yang padat, tetapi tetap meluangkan waktu untuk membimbing dan berdiskusi.
3. Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., I.P.U. dan Dr. Ir. Mokhamad Suef, M.Sc.(Eng.) selaku dosen penguji sidang tesis atas segala saran dan kritik yang diberikan demi kesempurnaan tesis ini.
4. Bapak Ade Supriatna selaku calon kandidat doktor atas *sharing* pemikiran dan ilmu, serta diskusi tentang *leasing* dan *maintenance*.
5. Budianto atas bantuannya dalam menerjemahkan algoritma penelitian ini ke program komputer Matlab.
6. Teman-teman Magister Teknik Industri ITS 2015 yang selalu mendukung dan mendo'akan, serta memberikan kritik dan saran untuk keberhasilan penyelesaian tesis ini.
7. Seluruh teman dan alumni Program Magister Teknik Industri ITS.

8. Seluruh dosen pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Industri ITS.
9. Semua pihak yang tidak mungkin untuk disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan tesis ini. Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sewa Guna Usaha (<i>Leasing</i>)	7
2.1.1 Pengertian <i>Leasing</i>	7
2.1.2 Syarat-Syarat <i>Leasing</i>	9
2.1.3 Jenis-Jenis <i>Leasing</i>	9
2.2 Perawatan	10
2.2.1 Tujuan Perawatan	10
2.2.2 Manfaat Perawatan	11
2.2.3 Kebijakan Perawatan	12
2.3 Laju Kerusakan	13
2.4 Distribusi <i>Weibull</i>	15
2.5 Penelitian Yeh et al. (2011).....	15
2.6 Penelitian Chang & Lin (2012).....	18
2.7 Posisi Penelitian	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 <i>Literature Review</i>	28
3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	28
3.3 Pengembangan Model	28
3.4 Verifikasi Model	28
3.5 Percobaan Numerik	29
3.6 Analisis Hasil.....	29
3.7 Kesimpulan dan Saran	29
BAB IV PENGEMBANGAN DAN VERIFIKASI MODEL	31
4.1 Pengembangan Model	31
4.1.1 Karakteristik dan Deskripsi Model Penelitian Ini	33
4.1.2 Formulasi Matematika	36
4.1.3 Pengembangan Model Biaya	37
4.1.4 Kebijakan Optimal	40
4.2 Verifikasi Model	42
BAB V PERCOBAAN NUMERIK DAN ANALISIS HASIL	45
5.1 Langkah-langkah Algoritma	45
5.2 Percobaan Numerik	45
5.3 Analisis Hasil	48
5.3.1 Percobaan Numerik I	48
5.3.2 Percobaan Numerik II	63
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	67
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	75
BIOGRAFI PENULIS.....	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva <i>Bathtub</i> dari Laju Kerusakan Sistem	14
Gambar 2.2 ARM untuk PM	16
Gambar 2.3 Kebijakan <i>Maintenance</i> yang Optimal	18
Gambar 2.4 ARM untuk PM selama Periode <i>Warranty</i>	19
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	27
Gambar 4.1 Sistematis <i>Leasing</i> Peralatan dengan Perpanjangan Periode	32
Gambar 4.2 ARM untuk PM Model Yeh et Al. (2011)	32
Gambar 4.3 ARM untuk PM Model Penelitian Ini	33
Gambar 4.4 Deskripsi Model Penelitian	35
Gambar 5.1 Grafik Variasi Tingkat Diskon terhadap Jumlah Periode Perpanjangan <i>Lease</i> pada $\beta = 1.5$	51
Gambar 5.2 Grafik Variasi Tingkat Diskon terhadap Jumlah Periode Perpanjangan <i>Lease</i> pada $\beta = 2$	51
Gambar 5.3 Grafik Variasi Tingkat Diskon terhadap Jumlah Periode Perpanjangan <i>Lease</i> pada $\beta = 2.3$	52
Gambar 5.4 Grafik Variasi Tingkat Diskon terhadap Jumlah PM pada $\beta = 1.5$	53
Gambar 5.5 Grafik Variasi Tingkat Diskon terhadap Jumlah PM pada $\beta = 2$	53
Gambar 5.6 Grafik Variasi Tingkat Diskon terhadap Jumlah PM pada $\beta = 2.3$	54
Gambar 5.7 Grafik Variasi Tingkat Diskon terhadap Keuntungan Maksimal <i>Lessor</i> pada $\beta = 1.5$	55
Gambar 5.8 Grafik Variasi Tingkat Diskon terhadap Keuntungan Maksimal <i>Lessor</i> pada $\beta = 2$	55
Gambar 5.9 Grafik Variasi Tingkat Diskon terhadap Keuntungan Maksimal <i>Lessor</i> pada $\beta = 2.3$	56

Gambar 5.10 Grafik Variasi <i>Shape Parameter</i> terhadap Jumlah Periode Perpanjangan <i>Lease</i> pada $\phi = 0.7$	57
Gambar 5.11 Grafik Variasi <i>Shape Parameter</i> terhadap Jumlah Periode Perpanjangan <i>Lease</i> pada $\phi = 0.8$	57
Gambar 5.12 Grafik Variasi <i>Shape Parameter</i> terhadap Jumlah Periode Perpanjangan <i>Lease</i> pada $\phi = 0.9$	58
Gambar 5.13 Grafik Variasi <i>Shape Parameter</i> terhadap Keuntungan Maksimal <i>Lessor</i> pada $\phi = 0.7$	59
Gambar 5.14 Grafik Variasi <i>Shape Parameter</i> terhadap Keuntungan Maksimal <i>Lessor</i> pada $\phi = 0.8$	60
Gambar 5.15 Grafik Variasi <i>Shape Parameter</i> terhadap Keuntungan Maksimal <i>Lessor</i> pada $\phi = 0.9$	60
Gambar 5.16 Grafik Variasi <i>Shape Parameter</i> terhadap <i>Maintenance Degree</i> pada $\phi = 0.7$	61
Gambar 5.17 Grafik Variasi <i>Shape Parameter</i> terhadap <i>Maintenance Degree</i> pada $\phi = 0.8$	61
Gambar 5.18 Grafik Variasi <i>Shape Parameter</i> terhadap <i>Maintenance Degree</i> pada $\phi = 0.9$	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Posisi Penelitian terhadap Penelitian Sebelumnya	25
Tabel 5.1 Data-data sebuah Peralatan Sewaan	46
Tabel 5.2 Hasil Percobaan Numerik I	47
Tabel 5.3 Hasil Percobaan Numerik II	48
Tabel 5.4 Perbandingan Beberapa Hasil Percobaan Numerik Penelitian Ini dengan Yeh et al. (2011)	63
Tabel 5.5 Perbandingan Keuntungan Maksimal Per Periode Selama Masa <i>Lease</i> Peralatan	65

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1 Perintah pada Matlab untuk Percobaan Numerik I	75
Lampiran A.2 Perintah pada Matlab untuk Percobaan Numerik II	77
Lampiran B.1 Hasil Matlab dari Percobaan Numerik I	79
Lampiran B.2 Hasil Matlab dari Percobaan Numerik II	133

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian yang mencakup batasan dan asumsi penelitian, serta manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar perusahaan dalam menjalankan proses bisnisnya akan membutuhkan berbagai jenis peralatan, baik untuk memproduksi barang atau memberikan layanan kepada konsumen. Peralatan yang digunakan untuk kegiatan tersebut semakin kompleks (multi-fungsi) dan mahal. Disisi lain, biaya teknisi profesional dan peralatan untuk perawatan juga semakin mahal (Desai & Purohit, 1998). Dengan demikian, memiliki peralatan tertentu mungkin menjadi hal yang tidak ekonomis lagi bagi perusahaan. Oleh karena itu, ada pilihan kecenderungan untuk menyewa (*lease*) daripada membeli (Glickman & Berger, 1976; Nisbet & Ward, 2001). Melalui *leasing*, perusahaan dapat lebih menghemat biaya dibandingkan dengan membeli dan memiliki sendiri peralatan atau barang-barang modal untuk kegiatan operasional perusahaan.

Leasing menurut Keputusan Menteri Keuangan Republik Indonesia No. 1169/ KMK.01/1991 adalah “suatu kegiatan pembiayaan dalam bentuk penyediaan barang modal baik secara sewa guna usaha dengan hak opsi (*finance lease*) maupun sewa guna usaha tanpa hak opsi (*operating lease*) untuk digunakan selama jangka waktu tertentu berdasarkan pembayaran secara berkala”. Dalam perjanjian *leasing* dijelaskan hak dan kewajiban *lessor* (yang menyewakan) dan *lessee* (penyewa). Pada kontrak *leasing* tertentu, *lessor* menyediakan layanan *maintenance* untuk peralatan (Barlow & Hunter, 1960). Tujuannya untuk menghindari kegagalan peralatan sewaan yang dapat menghambat kegiatan operasional *lessee*.

Tindakan *maintenance* diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu *Corrective Maintenance* (CM) dan *Preventive Maintenance* (PM). CM

bertujuan untuk memperbaiki peralatan gagal kembali ke kondisi operasional, sedangkan PM untuk meningkatkan kondisi operasional peralatan agar terhindar dari kegagalan (Barlow & Hunter, 1960). Menurut Nakagawa & Kowada (1983), CM yang sering digunakan adalah *minimal repair*. *Minimal repair* tidak akan mengubah *failure rate* peralatan yang sudah diperbaiki (Barlow & Hunter, 1960). PM diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu *perfect PM* dan *imperfect PM* (Jack & Murthy, 2007). Menurut Nakagawa (1981), metode yang digunakan untuk *imperfect PM* peralatan adalah *Age Reduction Method (ARM)* dan *Failure Rate Reduction Method (FRRM)*. ARM bertujuan agar usia peralatan menjadi lebih muda dari usia seharusnya, sedangkan FRRM bertujuan mengurangi tingkat kegagalan (*failure rate*) peralatan.

Pongpech & Murthy (2006) mengembangkan model matematis untuk kebijakan PM periodik menggunakan FRRM. Jaturonnatee et al. (2006) menggunakan FRRM juga dalam membangun model strategi PM *sequential*. Kedua penelitian sama-sama menggunakan *imperfect PM* dan *minimal repair* (saat kegagalan). Selanjutnya penelitian terbaru Ben Mabrouk et al. (2016), yaitu menentukan periode T PM optimal selama periode sewa yang terbatas L. *Repair* dan PM adalah *imperfect*. Ketiga penelitian di atas menggunakan FRRM dalam menentukan kebijakan PM. Disisi lain, Chang & Lo (2011) meneliti tentang pengaruh panjang periode *lease* terhadap penentuan kebijakan *maintenance* peralatan menggunakan ARM dengan memanfaatkan nilai sisa. Zhou et al. (2014) mengusulkan kebijakan PM multi-fase menggunakan ARM untuk meminimalkan *maintenance* kumulatif dan biaya penalti selama masa sewa. Semua penelitian di atas berfokus pada penentuan kebijakan PM yang optimal untuk peralatan pada periode *lease* yang ditetapkan. Yeh et al. (2011) memiliki ide penelitian berupa penentuan panjang periode *lease* dan kebijakan *maintenance* yang optimal menggunakan ARM, *lessor* menawarkan diskon kepada *lessee* jika memperpanjang periode *lease* pada awal kontrak. Kelebihan model penelitian ini berupa kepastian yang dimiliki pihak *lessor* bahwa peralatan sewaan akan terus dimanfaatkan dalam jangka waktu yang lebih lama untuk menambah pemasukan. Sedangkan pihak *lessee* akan memperoleh harga *lease* yang lebih murah melalui pemberian diskon oleh pihak *lessor*. Akan tetapi, model ini memiliki resiko dalam

pembiayaan seperti ketidakpastian performansi peralatan dan tanggung jawab *lessor* terhadap *lessee*, karena perpanjangan periode *lease* yang dilakukan pada awal kontrak.

Ide perpanjangan periode (*extended*) juga dikenal pada beberapa studi *warranty*. Ada studi yang membahas penetapan periode *extended warranty* pada saat produk terjual. Bouguerra et al. (2012) meneliti biaya tambahan untuk produk yang dijual lengkap dengan periode *extended warranty*. Shahanaghi et al. (2013) meneliti perpanjangan kontrak *warranty* produk yang terjual dengan *two-dimensional warranty*, untuk meminimalkan biaya *service extended warranty* maka perlu mempertimbangkan strategi PM. Disisi lain, ada studi yang menetapkan periode *extended warranty* saat *base warranty* berakhir (habis), yaitu Chang & Lin (2012) menentukan panjang periode *extended warranty* dan kebijakan *maintenance* yang optimal selama siklus hidup produk. Kebijakan *maintenance* yang digunakan adalah *minimal repair* dan *imperfect PM*. Ada juga studi lain yang membandingkan dua waktu penentuan *extended warranty*, yaitu Su & Wang (2016) menentukan waktu (*stage*) yang tepat melakukan penjualan *extended warranty two-dimensional* dengan mengoptimalkan *imperfect PM* pada *two-stage PM* untuk menurunkan biaya *service*. *Stage* pertama untuk *extended warranty* yang dijual saat *basic warranty* berakhir (habis) dan *stage* kedua untuk *extended warranty* yang dijual saat produk dijual. Dengan demikian, prinsip penentuan waktu untuk membeli periode *extended warranty* dapat dibagi menjadi dua, saat produk terjual dan saat *base warranty* berakhir (habis).

Berdasarkan situasi perkembangan hubungan timbal balik antara *lessor* dan *lessee* pada kasus *leasing* peralatan yang diikat oleh sebuah kontrak *lease*, maka perlu dilakukan perpanjangan periode (*extended*) *lease* yang akan memberikan keuntungan bagi kedua pihak. Keuntungan pihak *lessor* adalah adanya kepastian peralatan sewaan akan terus dimanfaatkan untuk menambah pemasukan. Sedangkan pihak *lessee* akan memperoleh harga *lease* yang lebih murah melalui pemberian diskon oleh pihak *lessor*, serta penggunaan peralatan yang sama tidak akan memerlukan penyesuaian sistem kerja lagi. Perpanjangan periode (*extended*) *lease* ini menjadi lazim untuk dilakukan dengan menggunakan logika yang sama pada perpanjangan periode (*extended*) *warranty*. Pada kasus

perpanjangan periode, pemilihan metode ARM untuk PM akan lebih tepat karena pengaruhnya dapat memudahkan usia peralatan dari seharusnya, sehingga dapat memperpanjang usia penggunaan peralatan. Hal ini akan sesuai dengan kasus perpanjangan periode. Dengan demikian, penelitian ini akan mencoba memodelkan kebijakan *maintenance* yang optimal dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* yang ditawarkan pada akhir masa kontrak dengan memaksimalkan keuntungan *lessor*. Tujuannya agar pihak *lessee* dapat mengevaluasi performansi peralatan dan tanggung jawab *lessor* sebelum melakukan perpanjangan periode *lease*, sehingga terhindar dari resiko dalam pembiayaan yang terdapat pada model Yeh et al. (2011). *Lessor* akan memberikan diskon kepada *lessee* atas perpanjangan periode *lease* (*extended lease*). Kebijakan *maintenance* yang akan digunakan adalah *minimal repair* dan *imperfect PM* menggunakan ARM, sama seperti Yeh et al. (2011). Akan tetapi, berbeda dengan Yeh et al. (2011), durasi waktu yang diperlukan untuk melakukan *minimal repair* tidak diabaikan. *Lessor* akan dikenakan biaya penalti jika peralatan sewaan mengalami kegagalan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka diperoleh permasalahan yang akan dibahas dan diteliti lebih lanjut, yaitu:
Memodelkan kebijakan *maintenance* yang optimal dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* yang ditawarkan pada akhir masa kontrak. Penawaran perpanjangan tersebut bertujuan untuk memperoleh keuntungan dari kontrak yang sudah ada.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi komponen pembiayaan dan pendapatan yang terlibat dalam pemodelan atas perpanjangan periode kontrak *lease*.
2. Memodelkan pembiayaan selama periode kontrak dan perpanjangannya.

3. Memodelkan pendapatan selama siklus hidup peralatan sewaan
4. Merumuskan kebijakan *maintenance* yang optimal dengan mempertimbangkan perpanjangan periode kontrak *lease*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah memberikan sumbangsih keilmuan atas pemodelan kebijakan *maintenance* yang optimal untuk peralatan dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* yang ditawarkan pada akhir masa kontrak dengan memaksimalkan keuntungan *lessor*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan dan asumsi diperlukan dalam menentukan ruang lingkup penelitian. Batasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Objek penelitian berupa *single equipment*.
2. Peralatan sewaan untuk periode perpanjangan kontrak (*extended lease*) sama dengan periode sebelum kontrak berakhir (*base lease*).

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. *Lessor* akan dikenakan biaya penalti jika peralatan mengalami kegagalan selama periode *lease*.
2. *Failure rate* peralatan untuk periode *base* dan *extended lease* adalah identik, serta mengikuti distribusi Weibull.
3. Durasi waktu untuk melakukan *minimal repair* kurang atau sama dengan batas waktu yang ditentukan.
4. Durasi untuk melakukan *imperfect PM* diabaikan. Menurut Dhillon (2006), tindakan-tindakan PM adalah inspeksi, kalibrasi, pengujian, penyesuaian, *servicing*, instalasi, dan *alignment*. Semua tindakan tersebut dapat dilakukan dalam satuan menit, berbeda dengan *minimal repair* (perbaikan) yang dilakukan dalam satuan jam ataupun hari. Sehingga, durasi waktu untuk melakukan PM dapat diabaikan dalam mengatur kebijakan *maintenance* selama periode *lease*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan dasar-dasar ilmu yang digunakan dalam penelitian. Pada bagian akhir sub-bab akan disajikan posisi penelitian dengan penelitian-penelitian terdahulu.

2.1 Sewa Guna Usaha (*Leasing*)

Leasing dalam bahasa Indonesia diterjemahkan menjadi “sewa guna usaha”. Pertama kali *leasing* dikenal di Indonesia pada tahun 1974, melalui Surat Keputusan Menteri Keuangan, Menteri Perdagangan, dan Menteri Perindustrian No. Kep-122/MK/2/1974, No. 32/M/SK/2/1972, dan No. 30/Kpb/I/74 tanggal 7 Februari 1974 tentang “Perizinan Usaha *Leasing*”. Sejak saat itu, jumlah perusahaan dan transaksi sewa guna usaha makin meningkat setiap tahunnya untuk membiayai penyediaan barang-barang modal usaha.

Menurut Coyle (2000), ada beberapa pihak yang bersepakat dalam suatu perjanjian *leasing*, yaitu:

1. *Lessor*

Pihak pertama yang merupakan pemilik yang sah dari obyek sewa dan mempunyai hak untuk memindahkan sementara hak penggunaan obyek sewa tersebut.

2. *Lessee*

Pihak yang menerima pengalihan hak penggunaan dari obyek sewa.

Perjanjian *leasing* antara *lessor* dan *lessee* dibatasi oleh waktu. Jangka waktu yang disepakati pada perjanjian tersebut merupakan batas waktu penggunaan obyek sewaan. Kedua pihak dapat melanjutkan atau menghentikan *leasing* setelah perjanjian berakhir (Coyle, 2000).

2.1.1 Pengertian *Leasing*

Secara umum *leasing* berarti *equipment funding*, yaitu pembiayaan peralatan atau barang modal yang digunakan untuk proses produksi suatu

perusahaan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengertian *leasing* menurut beberapa pendapat adalah sebagai berikut:

1. Menurut Keputusan Menteri Keuangan Republik Indonesia No. 1251/KMK/013/1998 tanggal 20 Desember 1998, sewa guna usaha yaitu:
 - a. Kegiatan yang dilakukan dalam bentuk pengadaan barang modal bagi penyewa guna usaha (*lessee*), baik dengan maupun tanpa hak opsi untuk membeli barang tersebut.
 - b. Pengadaan barang modal dapat dilakukan dengan membeli barang milik penyewa guna usaha (*lessee*) yang kemudian disewagunausahakan kembali.
 - c. Selama perjanjian sewa guna usaha masih berlaku, hak milik atas barang modal objek transaksi sewa guna usaha berada ditangan perusahaan sewa guna usaha (*lessor*).
2. Menurut Surat Keputusan Menteri Keuangan No. 1169/KMK.01/1991, sewa guna usaha (*leasing*) adalah kegiatan pembiayaan dalam bentuk penyediaan barang modal baik secara sewa guna usaha dengan opsi (*finance lease*) maupun sewa guna usaha tanpa opsi (*operating lease*) untuk digunakan *lessee* selama jangka waktu tertentu dengan pembayaran secara berkala.
3. Menurut *Equipment Leasing Association* di London, *leasing* adalah perjanjian antara *lessor* dan *lessee* untuk menyewa suatu jenis barang modal tertentu yang dipilih atau ditentukan oleh *lessee*. Hak pemilihan atas barang modal tersebut berdasarkan pembayaran uang sewa yang telah ditentukan dalam jangka waktu tertentu.
4. Menurut Pernyataan Standar Akuntansi Keuangan (PSAK) No. 30 (Revisi 2007), sewa guna (*leasing*) adalah suatu perjanjian dimana *lessor* memberikan hak kepada *lessee* untuk menggunakan suatu aset selama periode waktu yang disepakati. Sebagai imbalannya, *lessee* melakukan pembayaran atau serangkaian pembayaran kepada *lessor*.
5. Menurut William S. dan Holden (1992), *leasing* adalah sebuah perjanjian antara pihak pemilik barang modal yang disebut *lessor* dengan pihak lain yang disebut *lessee* untuk menggunakan barang modal dengan melakukan pembayaran periodik.

2.1.2 Syarat-Syarat *Leasing*

Menurut Agnes Sawir (2005), ada beberapa syarat dalam perjanjian *leasing* yaitu:

1. Objek *leasing*.
Segala macam barang modal mulai dari pesawat terbang hingga mesin dan komputer untuk keperluan kantor.
2. Pihak-pihak yang terlibat dalam *leasing*.
Penyewa (*lessee*) adalah perusahaan atau perorangan yang menggunakan barang modal dengan pembiayaan dari perusahaan *leasing* (*lessor*). Hanya perusahaan yang telah mendapat izin dari Departemen Keuangan yang dapat menjadi *lessor*.
3. Pembayaran berkala dalam jangka waktu tertentu.
Pembayaran *leasing* dilakukan secara berkala, seperti setiap bulan, kuartal atau semester.
4. Nilai sisa atau *residual value*.
Pada perjanjian *leasing* ditentukan suatu nilai sisa, tetapi hal ini tidak dikenal dalam perjanjian sewa menyewa.
5. Hak opsi bagi *lessee* untuk membeli aktiva.
Pada akhir masa *leasing*, penyewa atau *lessee* mempunyai hak untuk menentukan apakah ingin membeli barang tersebut sebesar nilai sisa atau mengembalikan barang tersebut kepada pihak yang menyewakan (*lessor*).

2.1.3 Jenis-Jenis *Leasing*

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Keuangan No. 1169/KMK.01/1991, jenis-jenis sewa guna usaha (*leasing*) antara lain:

1. Sewa pembiayaan (*financial lease*)
Sewa yang mengalihkan secara substansial seluruh risiko dan manfaat yang terkait dengan kepemilikan aset. Beberapa karakteristik sewa pembiayaan yaitu:
 - a) Pihak *lessor* tidak menyediakan layanan *maintenance* (perawatan), sehingga layanan ini harus disediakan oleh pihak *lessee*.
 - b) Sewa pembiayaan dapat diamortisasi secara penuh.

- c) Adanya ketentuan mengenai hak opsi bagi pihak *lessee*.
2. Sewa operasional (*operasional lease*)
- Sewa yang tidak mengalihkan secara substansial seluruh risiko dan manfaat yang terkait dengan kepemilikan aset. Beberapa karakteristik sewa operasional yaitu:
- a) Sewa operasional tidak teramortisasi, artinya sewa dapat dilaksanakan dengan total biaya sewa tidak menutup seluruh harga dan risiko aset. Sewa dapat dilaksanakan dalam jangka waktu yang lebih cepat daripada umur ekonomis aset tersebut. Pihak *lessor* dapat meneruskan layanan sewa aset tersebut kepada pihak lain untuk menutupi seluruh harga.
 - b) Sewa operasional umumnya membutuhkan pengelolaan serta jaminan operasi dari pihak *lessor*.
 - c) Tidak adanya ketentuan mengenai hak opsi bagi pihak *lessee*.

2.2 Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance adalah suatu aktivitas yang bertujuan agar komponen atau sistem yang rusak dikembalikan atau diperbaiki ke kondisi tertentu pada periode waktu tertentu (Ebeling, 1997). Sedangkan menurut Assauri (2008), *maintenance* adalah kegiatan untuk menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan memperbaiki kegagalan atau mengganti komponen yang diperlukan agar kegiatan produksi berjalan sesuai rencana. Dan menurut Supandi (1990), perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas agar tetap berfungsi dengan baik seperti kondisi sebelumnya.

2.2.1 Tujuan Perawatan

Menurut Setiawan F.D. (2008), perawatan (*maintenance*) murah sedangkan perbaikan (*repair*) mahal. Menurut Corder (1996), tujuan utama perawatan adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan aset.
2. Untuk menjamin kesiapan operasional seluruh peralatan yang diperlukan setiap keadaan darurat, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran, penyelamat dan sebagainya.
3. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan produksi dan memaksimalkan laba investasi (*return of investment*).
4. Untuk menjamin keselamatan pengguna sarana.

2.2.2 Manfaat Perawatan

Menurut Ahyari (1987), beberapa manfaat yang diperoleh dari perawatan mesin dan peralatan produksi yang baik antara lain:

1. Mesin dan peralatan produksi dapat digunakan dalam jangka waktu yang relatif panjang.
2. Dapat menghindarkan diri, minimal dapat menekan kemungkinan kecil penyebab kerusakan-kerusakan berat pada mesin dan peralatan produksi selama proses produksi. Perbaikan segera pada setiap kerusakan-kerusakan kecil dapat mencegah timbulnya kerusakan besar.
3. Dapat mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan total mesin dan peralatan produksi sehingga perusahaan dapat menekan biaya pemeliharaannya.
4. Pelaksanaan proses produksi akan berjalan dengan lancar sejauh tidak ada hal-hal yang mengganggu di luar mesin dan peralatan (misalnya bahan baku, tenaga kerja, dan lain sebagainya), dengan perawatan yang baik diharapkan fasilitas produksi juga dapat berfungsi dan berjalan dengan baik juga.
5. Apabila mesin dan peralatan produksi beroperasi dengan baik, maka penyerapan bahan baku akan berjalan dengan normal juga.
6. Mesin dan peralatan produksi yang beroperasi dengan stabil dan baik menyebabkan pelaksanaan pengendalian dan kualitas proses perusahaan yang baik juga.
7. Kelancaran penggunaan mesin dan peralatan produksi menyebabkan pembebanan mesin dan peralatan menjadi semakin baik juga.

2.2.3 Kebijakan Perawatan

Menurut Assauri (2008), *maintenance* terbagi menjadi dua yaitu :

1. *Preventive maintenance*

Semua fasilitas operasional yang mendapat tindakan *preventif maintenance* akan terjamin kelancaran kerjanya, sehingga selalu siap sedia untuk proses produksi. Oleh karena itu, pembuatan suatu rencana dan jadwal perawatan sangat penting untuk mencapai target rencana produksi. Menurut Tampubolon (2004), *preventive maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan atau perawatan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak terduga yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan pada proses produksi.

Menurut Dhillon (2006), ada tujuh elemen dari *preventive maintenance* yaitu:

- a) Inspeksi: memeriksa secara berkala bagian-bagian tertentu agar dapat dipakai dengan membandingkan fisiknya, mesin, listrik, dan karakteristik lain untuk standar yang pasti.
- b) Kalibrasi: mendeteksi dan menyesuaikan setiap perbedaan dalam akurasi untuk material atau parameter perbandingan sebagai standar yang pasti.
- c) Pengujian: pengujian secara berkala agar dapat menentukan pemakaian dan mendeteksi kerusakan mesin dan listrik.
- d) Penyesuaian: membuat penyesuaian secara periodik untuk unsur variabel tertentu dalam mencapai kinerja yang optimal.
- e) *Servicing*: pelumasan secara periodik, pengisian, pembersihan bahan atau barang untuk mencegah terjadinya kegagalan.
- f) Instalasi: mengganti secara berkala sesuai batas pemakaian barang atau siklus waktu pemakaian untuk mempertahankan tingkat toleransi yang ditentukan.
- g) *Alignment*: membuat perubahan salah satu barang yang ditentukan elemen variabel untuk mencapai kinerja yang optimal.

2. *Corrective maintenance*

Corrective maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas

atau peralatan yang tidak berfungsi dengan baik (Assauri, 2008). Menurut Tampubolon (2004), *corrective maintenance* merupakan kegiatan perbaikan atau reparasi.

Menurut Wang & Pham (2006), CM dan PM dapat diklasifikasikan (dari paling tinggi ke paling rendah) berdasarkan *maintenance degree* yang diberikan, yaitu:

- 1). *Perfect*, membawa ke kondisi bagus seperti baru (*as good as new*).
- 2). *Imperfect*, membawa ke kondisi antara seburuk lama dan seperti baru.
- 3). *Minimal*, membawa ke kondisi seburuk lama/sebelum gagal (*as bad as old*).

Menurut Nakagawa (1981), ada dua metode yang digunakan untuk PM peralatan, yaitu:

- ✓ *Age Reduction Method* (ARM), bertujuan agar usia peralatan menjadi lebih muda dari usia seharusnya.
- ✓ *Failure Rate Reduction Method* (FRRM), bertujuan mengurangi tingkat kegagalan (*failure rate*) peralatan.

2.3 Laju kerusakan

Laju kerusakan suatu sistem $r(t)$ akan berubah sepanjang waktu. Laju kerusakan suatu produk mengikuti suatu pola dasar yang disebut kurva *bathhtub* (Jardine A.K.S., 1987). Laju kerusakan (*failure rate*) adalah faktor yang perlu diperhatikan selama masa operasi dalam menganalisis kerusakan alat atau komponen. Ada beberapa cara yang dilakukan untuk menganalisis kerusakan, antara lain :

1. Cara Teknikal

Cara ini menganalisis kerusakan alat berdasarkan aspek-aspek teknis dari peralatan.

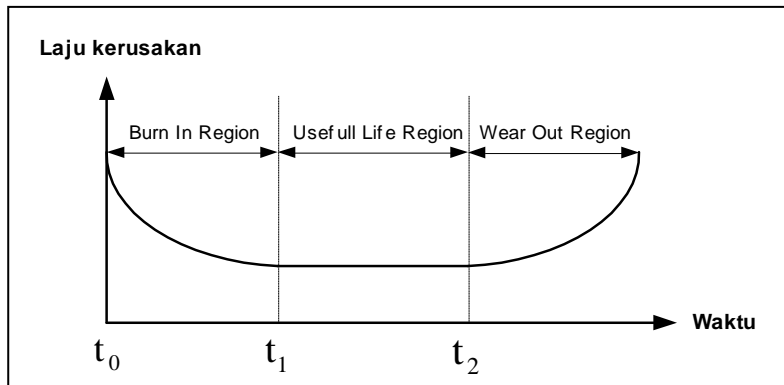
2. Cara *Statistical*

Cara ini menganalisis kerusakan alat dengan cara menentukan hubungan antara laju kerusakan alat dengan waktu. Cara ini biasa menggunakan histogram frekuensi relatif dengan mencatat *time to failure* sepanjang pengoperasian sistem.

Menurut Jardine A.K.S. (1987), kurva *bathtub* memiliki tiga area dengan karakteristik tertentu, yaitu:

1. Area A, Disebut : *burn in region* (laju kerusakan menurun).
2. Area B, Disebut : *usefull life region* (laju kerusakan konstan).
3. Area C, Disebut : *wear out region* (laju kerusakan meningkat).

Kurva *bathtub* dari laju kerusakan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva *bathtub* dari laju kerusakan sistem (Jardine A.K.S., 1987)

Fase A : Kerusakan awal (*early failure* atau *infant mortality*)

Pada fase ini, laju kerusakan (*hazard rate*) suatu sistem mengalami penurunan, biasanya hal ini merupakan ciri awal penggunaan mesin. Fase ini sering disebut *burn in region*; *debugging region* atau *break in region*. Fase ini dimulai dari t_0 sampai t_1 . Pada fase ini terjadinya kerusakan dini (*early failure*) yang menurun hingga t_1 . Terdapat beberapa alasan yang menyebabkan terjadinya kerusakan awal ini, diantaranya yaitu pengecekan yang tidak sesuai, pengendalian kualitas yang tidak terpenuhi, material di bawah standar ketidaksempurnaan perancangan, kesalahan pemasangan dan *set up*, kurangnya kemampuan pekerja, dan *quality control* yang tidak memenuhi syarat.

Fase B : Kerusakan yang *random* (*failure random in time*)

Fase ini dimulai dari t_1 sampai t_2 . Pada fase ini laju kerusakan cenderung konstan dan rendah. Fase ini biasa disebut *usefull life*. Kerusakan pada fase ini diakibatkan oleh besarnya pembebanan diluar batas kemampuan komponen secara tiba-tiba atau kondisi ekstrim lainnya.

Fase C : Pengoperasian melebihi umur komponen (*Wear out operation*)

Fase ini dimulai dari t_2 sampai seterusnya. Fase ini memiliki laju kerusakan yang cenderung tajam atau meningkat, hal ini disebabkan memburuknya kondisi alat atau komponen. Pada fase ini terjadi pemakaian yang melebihi umur komponen (*wear out*).

2.4 Distribusi Weibull

Distribusi ini merupakan distribusi yang paling sering digunakan untuk menganalisis data kerusakan, karena distribusi *Weibull* dapat memenuhi beberapa periode kerusakan yang terjadi, yaitu periode awal (*early failure*), periode normal, dan periode pengausan (*wear out*). Periode tersebut tergantung dari nilai parameter bentuk fungsi distribusi *Weibull*. Menurut Ebeling (1997,p58), parameter yang digunakan ada dua, yaitu:

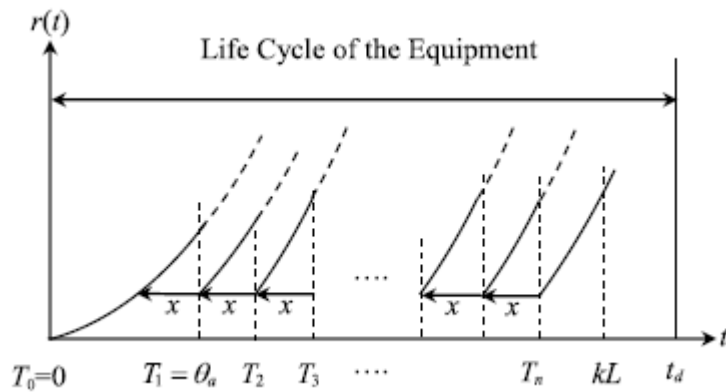
1. β (Beta) = parameter bentuk (*shape parameter*)
2. α (Alpha) = parameter skala (*scale parameter*)

Distribusi *Weibull* mempunyai laju kerusakan menurun untuk $\beta < 1$, laju kerusakan konstan untuk $\beta = 1$, dan laju kerusakan naik untuk $\beta > 1$. Fungsi laju kerusakannya adalah :

$$r(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} \quad (2.1)$$

2.5 Penelitian Yeh et al. (2011)

Penelitian ini menggunakan ARM untuk menggambarkan PM *degree* pada penentuan panjang periode *lease* dan membangun model matematis untuk memaksimalkan perkiraan total keuntungan selama periode *lease*. ARM untuk PM dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 ARM untuk PM (Yeh et al., 2011)

Notasi matematika yang akan digunakan dalam model adalah sebagai berikut:

- L = satuan panjang periode *lease*
- k = jumlah periode *lease* ketika setiap periode peralatan adalah L
- H = pembayaran peralatan pada periode *lease* pertama
- $f(t)$ = fungsi kepadatan probabilitas dari siklus hidup peralatan sewaan
- $r(t)$ = fungsi tingkat kegagalan peralatan sewaan
- $R(t)$ = fungsi tingkat kegagalan kumulatif peralatan sewaan
- C_m = biaya *minimal repair*
- C_f = biaya penalti untuk setiap kegagalan
- θ_a = batas kontrol umur untuk melakukan tindakan PM
- x = *maintenance degree* untuk tindakan PM. Tingkat perawatan yang akan menentukan kapan tindakan perawatan selanjutnya. Semakin besar tingkat perawatan, maka semakin lama jangka waktu untuk melakukan tindakan perawatan selanjutnya
- $C_p(x)$ = fungsi biaya PM dengan *maintenance degree* x
- n = jumlah total tindakan PM selama periode *lease*
- t_d = siklus hidup peralatan
- V = harga pembelian peralatan
- V_d = nilai sisa dari peralatan pada waktu t_d
- ϕ = tingkat diskon dari pembayaran periode *extended lease* ($0 \leq \phi \leq 1$)
- $E[TC]$ = perkiraan total pembiayaan selama periode *lease*

$E[TR]$ = perkiraan total pendapatan selama selama periode *lease*

$E[TP]$ = perkiraan total keuntungan selama periode *lease*

Gambar 2.2 menjelaskan bahwa $T_1 = \theta_a$, $T_i = T_1 + (i-1)x$ untuk $i = 1, 2, \dots, n$ dan pembatas kondisi adalah $x \leq \theta_a \leq kL$ dan $(kL - \theta_a) / n \leq x \leq kL$. Perkiraan total pembiayaan selama periode *lease* kL adalah

$$E[TC] = C(k, n, x, \theta_a) + V$$

$$= [C_m + C_f] \{n[R(\theta_a) - R(\theta_a - x)] + R(kL - nx)\} + nC_p(x) + V \quad (2.2)$$

Setiap periode sewa peralatan L berakhir, *lessor* akan memberikan diskon khusus pembayaran sewa ($0 \leq \phi < 1$) agar *lessee* melakukan perpanjangan periode *lease* k . Sehingga, *lessor* akan memperoleh pendapatan sebesar

$$H(1 - \phi^k) / (1 - \phi) \quad (2.3)$$

Setelah periode kL berakhir, nilai sisa peralatan (kL, t_d) adalah

$$V - ((V - V_d)kL / t_d) \quad (2.4)$$

Perkiraan total pendapatan selama selama periode *lease* adalah

$$E[TR] = H \left(\frac{1 - \phi^k}{1 - \phi} \right) + \left(V - \frac{V - V_d}{t_d} kL \right) \quad (2.5)$$

Dengan demikian, perkiraan total keuntungan ketika periode *lease* peralatan berakhir adalah

$$E[TP] = E[TR] - E[TC]$$

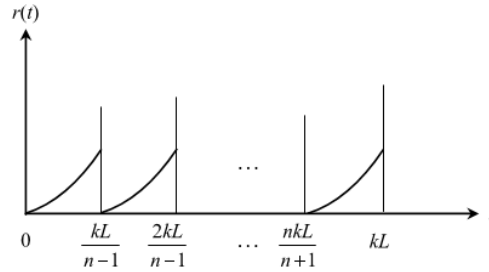
$$= H \left(\frac{1 - \phi^k}{1 - \phi} \right) - \frac{V - V_d}{t_d} kL - [C_m + C_f] \{n[R(\theta_a) - R(\theta_a - x)] + R(kL - nx)\}$$

$$- nC_p(x) \quad (2.6)$$

Ketika $r(t)$ adalah sebuah fungsi yang meningkat dari t , batas kontrol umur optimal θ_a^* dan PM *degree* x adalah sama. Sehingga, perkiraan total keuntungan dapat ditulis sebagai

$$E[TP] = H \left(\frac{1-\phi^k}{1-\phi} \right) - \frac{V-V_d}{t_d} kL - [C_m + C_f] \{nR(x) + R(kL - nx)\} - nC_p(x) \quad (2.7)$$

PM dengan *degree* $kL/(n+1)$ pada *time epochs* $T_i = ikL/(n+1)$ untuk $i = 1, 2, \dots, n$ dengan periode *lease* ditunjukkan pada Gambar 2.3.



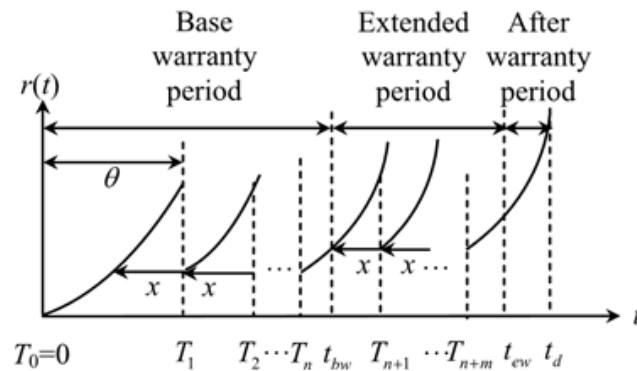
Gambar 2.3 Kebijakan *maintenance* yang optimal (Yeh et al., 2011)

Selanjutnya melakukan substitusi $x^* = kL/(n+1)$ ke pers. (2.7). Sehingga, perkiraan total keuntungan menjadi

$$E[TP] = H \left(\frac{1-\phi^k}{1-\phi} \right) - \frac{V-V_d}{t_d} kL - [C_m + C_f] (n+1) R \left(\frac{kL}{n+1} \right) - nC_p \left(\frac{kL}{n+1} \right) \quad (2.8)$$

2.6 Penelitian Chang & Lin (2012)

Penelitian ini menggunakan ARM dalam menggambarkan PM *degree* untuk memperoleh panjang *extended warranty* dan kebijakan *maintenance* produk yang optimal, tujuannya untuk memaksimalkan perkiraan total keuntungan *lessor* selama siklus hidup produk. ARM untuk PM selama periode *warranty* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 ARM untuk PM selama periode *warranty* (Chang & Lin, 2012)

Notasi matematika yang akan digunakan dalam model adalah sebagai berikut:

- V = harga jual produk baru
- L = satuan panjang waktu yang ditetapkan dari *extended warranty* ($L > 0$)
- k = jumlah periode *extended warranty* dari sebuah satuan panjang waktu yang ditetapkan L
- H = biaya pembelian *extended warranty* dari sebuah satuan panjang waktu yang ditetapkan L
- Z = perkiraan pendapatan dari *repair* untuk setiap kegagalan setelah periode *warranty* (t_{ew})
- $r(t)$ = fungsi tingkat kegagalan sebuah produk baru
- $R(t)$ = fungsi tingkat kegagalan kumulatif sebuah produk baru
- C_m = biaya *minimal repair*
- τ = batas durasi waktu untuk *minimal repair*
- θ = batas kontrol umur untuk melakukan tindakan PM
- x = *maintenance degree* untuk tindakan PM. Tingkat perawatan yang akan menentukan kapan tindakan perawatan selanjutnya. Semakin besar tingkat perawatan, maka semakin lama jangka waktu untuk melakukan tindakan perawatan selanjutnya
- $C_p(x)$ = fungsi biaya PM dengan *maintenance degree* x
- n = jumlah total tindakan PM selama periode *base warranty* ($0, t_{bw}$]
- m = jumlah total tindakan PM selama periode *extended warranty* (t_{bw}, t_{ew}]

- T_i = *time epoch* pelaksanaan tindakan PM ke- i
 t_{bw} = periode *base warranty* dari sebuah produk baru
 t_{ew} = periode *extended warranty* dari sebuah produk baru, dimana
 $t_{ew} = t_{bw} + kL$
 t_d = siklus hidup sebuah produk baru
 ϕ = tingkat diskon dari pendapatan pembelian *extended warranty*
 $(0 \leq \phi \leq 1)$
 $E[TC]$ = perkiraan total pembiayaan selama siklus hidup sebuah produk baru
 $E[TR]$ = perkiraan total pendapatan selama siklus hidup sebuah produk baru
 $E[TP]$ = perkiraan total keuntungan selama siklus hidup sebuah produk baru

Berdasarkan Gambar 2.4, ketika umur produk mencapai batas kontrol θ selama periode *warranty* $(0, t_{bw} + kL)$, maka *imperfect* PM dilakukan dengan *degree* yang sama x . Penambahan pembatas kondisi $x \leq \theta \leq \min\{t_{bw}, kL\}$ dan $\max\{(t_{bw} - \theta)/n, (kL - \theta)/m\} \leq x \leq \min\{t_{bw}, kL\}$ menghasilkan persamaan $T_i = T_{i-1} + x, i = 1, 2, \dots, n + m$. Hasil ini menunjukkan bahwa $T_i = T_1 + (i - 1)x, i = 1, 2, \dots, n + m$. Substitusi $T_1 = \theta$ ke $T_i = T_1 + (i - 1)x$, persamaan dapat ditulis menjadi $T_i = \theta + (i - 1)x, i = 1, 2, \dots, n + m$.

a. Biaya *repair* ke penjual

Perkiraan biaya *repair* produk selama periode *warranty* $(0, t_{ew})$ adalah

$$\begin{aligned}
 &= C_m \left\{ \sum_{i=0}^{n-1} \int_{T_i}^{T_{i+1}} r(t - ix) dt + \int_{T_n}^{t_{bw}} r(t - nx) dt + \int_{t_{bw}}^{T_{n+m}} r(t - nx) dt \right. \\
 &\quad \left. + \sum_{i=1}^m \int_{T_{n+i}}^{T_{n+i+1}} r(t - (n+i)x) dt \right\} \tag{2.9}
 \end{aligned}$$

$$= C_m \left\{ (n+m) [R(\theta) - R(\theta - x)] + R(t_{bw} + kL - (n+m)x) \right\} \tag{2.10}$$

Setelah periode *extended warranty* berakhir, biaya *repair* produk adalah

$$\begin{aligned}
 &= C_m \int_{t_{bw} + kL}^{t_d} r(t - (n+m)x) dt \\
 &= C_m \left\{ R(t_d - (n+m)x) - R(t_{bw} + kL - (n+m)x) \right\} \tag{2.11}
 \end{aligned}$$

Total biaya *repair* selama siklus hidup produk $(0, t_d)$ adalah

$$= C_m \left\{ (n+m) [R(\theta) - R(\theta-x)] + R(t_d - (n+m)x) \right\} \quad (2.12)$$

b. Biaya PM ke penjual

$$\sum_{i=0}^n C_p(x) + \sum_{i=0}^m C_p(x) = (n+m) C_p(x) \quad (2.13)$$

Sehingga perkiraan total pembiayaan selama siklus hidup produk $(0, t_d)$ adalah

$$E[TC] = C_m \left\{ (n+m) [R(\theta) - R(\theta-x)] + R(t_d - (n+m)x) \right\} + (n+m) C_p(x) \quad (2.14)$$

Perkiraan pendapatan dari total jumlah kegagalan selama $(t_{bw} + kL, t_d)$ adalah

$$\begin{aligned} &= Z \int_{t_{bw}+kL}^{t_d} r(t - (n+m)x) dt \\ &= Z \left\{ R(t_d - (n+m)x) - R(t_{bw} + kL - (n+m)x) \right\} \end{aligned} \quad (2.15)$$

Sehingga perkiraan total pendapatan selama siklus hidup produk $(0, t_d)$ untuk penjual adalah

$$E[TR] = V + H \left(\frac{1-\phi^k}{1-\phi} \right) + Z \left\{ R(t_d - (n+m)x) - R(t_{bw} + kL - (n+m)x) \right\} \quad (2.16)$$

Dengan demikian, perkiraan total keuntungan selama siklus hidup produk adalah

$$\begin{aligned} E[TP] &= E[TR] - E[TC] \\ &= V + H \left(\frac{1-\phi^k}{1-\phi} \right) + (Z - C_m) \left\{ R(t_d - (n+m)x) - R(t_{bw} + kL - (n+m)x) \right\} \\ &\quad - C_m \left\{ (n+m) [R(\theta) - R(\theta-x)] + R(t_{bw} + kL - (n+m)x) \right\} \\ &\quad - (n+m) C_p(x) \end{aligned} \quad (2.17)$$

Dengan melakukan substitusi jumlah optimal periode *extended warranty* k^* yang sifatnya unik, yaitu $k^* = 0$ dan $k^* = (t_d - t_{bw})/L$, dimana $k^* \in (t_d - t_{bw})/L$ ke pers. (2.17) maka perkiraan total keuntungan dapat ditulis menjadi

$$\begin{aligned}
E[TP] = & V + H \left(\frac{1-\phi^{k^*}}{1-\phi} \right) + (Z - C_m) \left\{ R(t_d - (n+m)x) - R(t_{bw} + k^*L - (n+m)x) \right\} \\
& - C_m \left\{ (n+m) [R(\theta) - R(\theta - x)] + R(t_{bw} + k^*L - (n+m)x) \right\} \\
& - (n+m) C_p(x) \tag{2.18}
\end{aligned}$$

Dengan melakukan substitusi batas kontrol optimal $\theta^* = x$ ke pers. (2.18), maka perkiraan total keuntungan menjadi

$$\begin{aligned}
E[TP] = & V + H \left(\frac{1-\phi^{k^*}}{1-\phi} \right) + (Z - C_m) \left\{ R(t_d - (n+m)x) - R(t_{bw} + k^*L - (n+m)x) \right\} \\
& - C_m \left\{ (n+m) R(x) + R(t_{bw} + k^*L - (n+m)x) \right\} - (n+m) C_p(x) \tag{2.19}
\end{aligned}$$

Selanjutnya, substitusi PM *degree* optimal $x^* = \max \{ t_{bw} / (n+1), k^*L / (m+1) \}$ ke pers. (2.19) sehingga perkiraan total keuntungan menjadi

$$\begin{aligned}
E[TP] = & V + H \left(\frac{1-\phi^{k^*}}{1-\phi} \right) + (Z - C_m) \left\{ R(t_d - (n+m)x^*) - R(t_{bw} + k^*L - (n+m)x^*) \right\} \\
& - C_m \left\{ (n+m) R(x^*) + R(t_{bw} + k^*L - (n+m)x^*) \right\} - (n+m) C_p(x^*) \tag{2.20}
\end{aligned}$$

2.7 Posisi Penelitian

Berdasarkan topik penelitian, penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Pongpech & Murthy (2006), Jaturonnatee et al. (2006), Yeh et al. (2011), Chang & Lo (2011), Zhou et al. (2014), dan Ben Mabrouk et al. (2016) semuanya membahas sistem *leasing* dan penentuan kebijakan *maintenance* yang optimal untuk peralatannya. Sedangkan Chang & Lin (2012) membahas sistem *warranty* dan penentuan kebijakan *maintenance* yang optimal untuk sebuah produk baru.

Penelitian Pongpech & Murthy (2006), Jaturonnatee et al. (2006), Yeh et al. (2011), Chang & Lo (2011), Zhou et al. (2014), dan Chang & Lin (2012) menggunakan dua kebijakan *maintenance*, yaitu *minimal repair* untuk mengembalikan peralatan ke kondisi operasi ketika terjadi kegagalan dan *imperfect PM* untuk menghindari terjadinya kegagalan. Sedangkan Ben Mabrouk et al. (2016) menggunakan kebijakan *imperfect PM* yang dilakukan periodik untuk mengembalikan kondisi ‘seperti baru’ dengan probabilitas p dan menjaganya agar

tetap di kondisi ‘seburuk tua’ dengan probabilitas q , selanjutnya *imperfect repair* dilakukan saat terjadi kegagalan dimana efisiensi yang diberikan mengikuti proses *decreasing quasi-renewal*.

Semua penelitian tersebut mempertimbangkan durasi waktu yang diperlukan untuk melakukan *repair*, hanya penelitian Yeh et al. (2011) yang mengabaikan durasi waktu untuk melakukan *repair*. Penggunaan metode dalam menentukan kebijakan PM pada semua penelitian tersebut bervariasi, Pongpech & Murthy (2006), Jaturonnatee et al. (2006), dan Ben Mabrouk et al. (2016) menggunakan FRRM. Sedangkan Yeh et al. (2011), Chang & Lo (2011), Zhou et al. (2014), dan Chang & Lin (2012) menggunakan ARM.

Sifat periode waktu yang digunakan untuk menentukan kebijakan *maintenance* yang optimal pada semua penelitian tersebut juga bervariasi. Penelitian Pongpech & Murthy (2006), Jaturonnatee et al. (2006), Chang & Lo (2011), Zhou et al. (2014), dan Ben Mabrouk et al. (2016) memiliki periode waktu *lease* yang sudah ditetapkan. Yeh et al. (2011) melakukan perpanjangan periode waktu *lease* di awal kontrak, sedangkan Chang & Lin (2012) melakukan perpanjangan periode waktu *warranty* saat *base warranty* berakhir (habis).

Selain itu, tujuan optimasi yang ingin dicapai pada semua penelitian tersebut berbeda-beda. Penelitian Pongpech & Murthy (2006), Jaturonnatee et al. (2006), Zhou et al. (2014), dan Ben Mabrouk et al. (2016) memiliki tujuan penelitian untuk meminimasi biaya pengeluaran *lessor*. Sedangkan Yeh et al. (2011), Chang & Lo (2011), dan Chang & Lin (2012) memiliki tujuan penelitian untuk memaksimalkan keuntungan *lessor*. Tidak hanya pembiayaan yang menjadi fokus penelitian, tetap juga pendapatan *lessor*.

Penelitian ini akan mengembangkan model kebijakan *maintenance* yang optimal dan perpanjangan periode *lease* yang dilakukan oleh Yeh et al. (2011) dengan menggunakan logika yang sama pada perpanjangan periode (*extended warranty*) dan kebijakan *maintenance* yang optimal oleh Chang & Lin (2012), yaitu setelah periode *base warranty* produk berakhir (habis). Tujuannya untuk menghilangkan resiko dalam pembiayaan yang diterima pihak *lessee* atas perpanjangan periode *lease* di awal kontrak, seperti ketidakpastian performansi peralatan dan tanggung jawab *lessor* terhadap *lessee*. *Lessor* akan memberikan

diskon kepada *lessee* atas perpanjangan periode *lease* (*extended lease*). Kebijakan *maintenance* yang digunakan sama seperti Yeh et al. (2011) yaitu *minimal repair* dan *imperfect PM* yang menggunakan ARM. Akan tetapi, berbeda dengan Yeh et al. (2011), durasi waktu yang diperlukan untuk melakukan *minimal repair* tidak diabaikan. *Lessor* akan dikenakan biaya penalti jika peralatan sewaan mengalami kegagalan. Dengan demikian, tujuan penelitian ini untuk merumuskan kebijakan *maintenance* yang optimal dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* yang ditawarkan pada akhir masa kontrak. Posisi penelitian ini terhadap beberapa penelitian sebelumnya akan ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Posisi Penelitian terhadap Penelitian Sebelumnya

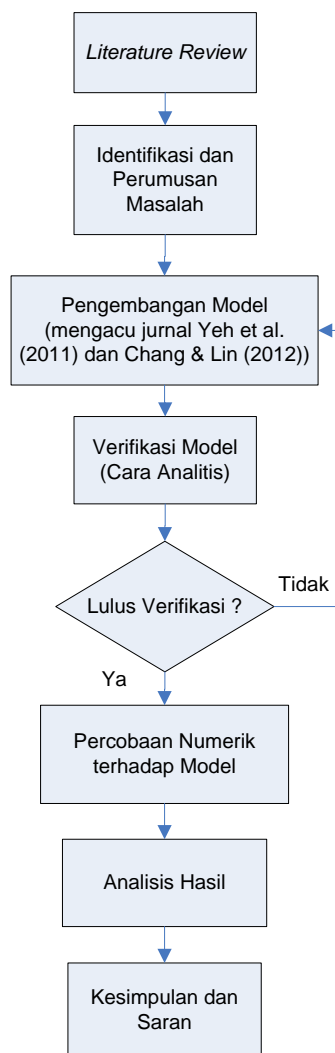
No.	Karakteristik Penelitian	Pongpech & Murthy (2006)	Jaturonnat ee et al. (2006)	Yeh et al. (2011)	Chang & Lo (2011)	Chang & Lin (2012)	Zhou et al. (2014)	Ben Mabrouk et al. (2016)	Penelitian ini
1.	Topik								
	<i>Leasing + maintenance</i>	v	v	v	v		v	v	v
	<i>Warranty + maintenance</i>					v			
2.	Kebijakan Maintenance								
	CM (<i>minimal repair</i>)	v	v	v	v	v	v		v
	CM (<i>imperfect repair</i>)							v	
	<i>Imperfect PM</i>	v	v	v	v	v	v	v	v
3.	Durasi Waktu CM								
	Diabaikan			v					
	Tidak diabaikan	v	v		v	v	v	v	v
4.	PM Method								
	<i>Age Reduction Method (ARM)</i>			v	v	v	v		v
	<i>Failure Rate Reduction Method (FRRM)</i>	v	v					v	
5.	Periode Lease/Warranty								
	Ditetapkan	v	v		v		v	v	
	Diperpanjang di awal kontrak			v					
	Diperpanjang di akhir kontrak								v
	Diperpanjang saat <i>base warranty</i> habis					v			
6.	Tujuan Optimasi								
	Minimasi biaya	v	v				v	v	
	Maksimasi keuntungan			v	v	v			v

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian. Metodologi penelitian digunakan sebagai acuan agar penelitian yang dilakukan sesuai dengan *framework* penelitian. *Flowchart* penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian

3.1 Literature Review

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah *literatur review*. Penulis mereview beberapa literatur yang relevan, yaitu jurnal, buku, publikasi maupun penelitian sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk menemukan *gap* penelitian. Studi literatur ini berfokus pada bagaimana menentukan kebijakan *maintenance* yang optimal pada peralatan. Selanjutnya, *literature review* dapat digunakan sebagai pedoman dalam menyelesaikan masalah dan mencapai tujuan penelitian.

3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah melakukan *literatur review*, maka tahapan selanjutnya adalah mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini. Permasalahan penelitian ini adalah memodelkan kebijakan *maintenance* yang optimal dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* yang ditawarkan pada akhir masa kontrak (*base lease*). Penawaran perpanjangan tersebut bertujuan untuk memperoleh keuntungan dari kontrak *lease* yang sudah ada.

3.3 Pengembangan Model

Pada tahap ini akan dilakukan pengembangan model. Model yang akan dikembangkan menggunakan model matematis. Pengembangan model akan mengacu pada referensi jurnal penelitian sebelumnya. Jurnal utama yang akan digunakan adalah jurnal yang ditulis oleh Yeh et al. (2011) dan Chang & Lin (2012).

3.4 Verifikasi Model

Tujuan dilakukan verifikasi model adalah untuk meyakinkan bahwa model dibangun dengan cara yang benar. Verifikasi model merupakan proses pengecekan model apakah telah sesuai dengan model konseptual yang telah dibangun sebelumnya. Verifikasi dilakukan untuk memeriksa logika model yang diimplementasikan. Verifikasi model pada penelitian ini akan menggunakan cara analitis. Pemodelan ulang akan dilakukan ketika model yang sudah ada tidak terverifikasi, dan akan terus dilakukan hingga model lulus uji verifikasi.

3.5 Percobaan Numerik

Percobaan numerik akan dilakukan pada model yang dibangun. Percobaan ini bertujuan untuk menggambarkan model matematis ke dalam bentuk operasi perhitungan. Pada tahap ini, ada proses menerjemahkan algoritma ke dalam program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman yang sesuai untuk mencapai tujuan penelitian. Pada penelitian ini akan digunakan bahasa pemrograman Matlab untuk dua percobaan numerik.

3.6 Analisis Hasil

Pada tahap ini akan dilakukan analisis hasil percobaan numerik I dan II dari model yang dibangun. Analisis percobaan numerik I berkaitan dengan hal-hal yang mempengaruhi penentuan kebijakan *maintenance* dan jumlah periode perpanjangan *lease (extended lease)* yang optimal dengan penawaran perpanjangan di akhir masa kontrak. Hal-hal yang perlu dianalisis adalah pengaruh pemberian variasi tingkat diskon, laju kerusakan peralatan (*shape parameter*), dan biaya marjinal PM terhadap perolehan jumlah periode perpanjangan *lease (extended lease)*, jumlah PM, dan *maintenance degree* dalam memaksimalkan keuntungan *lessor*. Setiap kegagalan yang terjadi akan dikenakan biaya penalti. Sedangkan analisis percobaan numerik II berkaitan dengan perbandingan hasil kebijakan *maintenance* dan perpanjangan periode *lease* yang optimal dari model penelitian ini dan model Yeh et al. (2011).

3.7 Kesimpulan dan Saran

Ini merupakan tahapan akhir dari penelitian ini, yaitu penarikan kesimpulan dari seluruh hasil penelitian dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

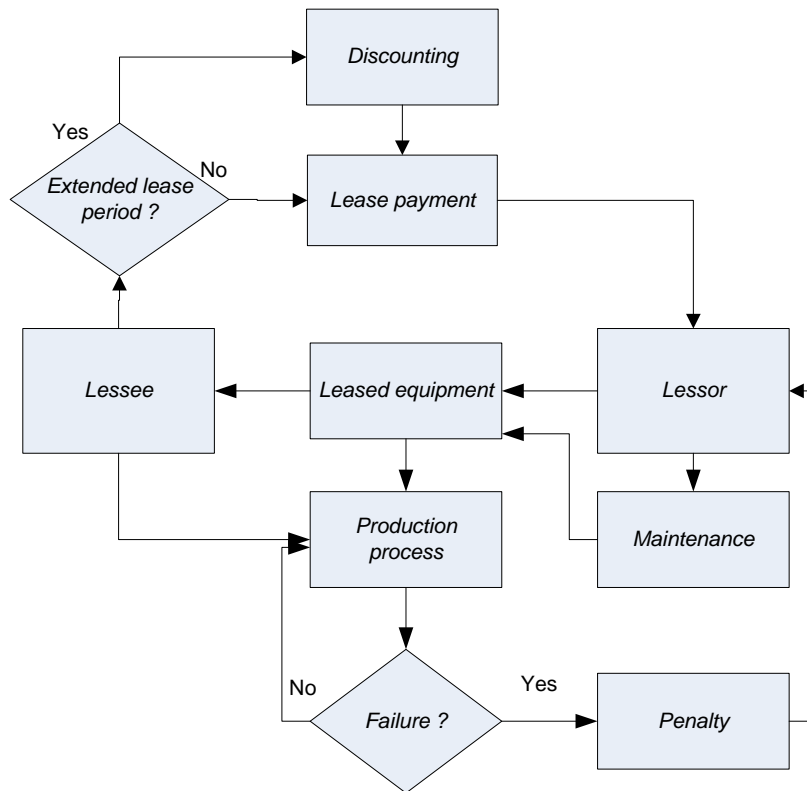
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

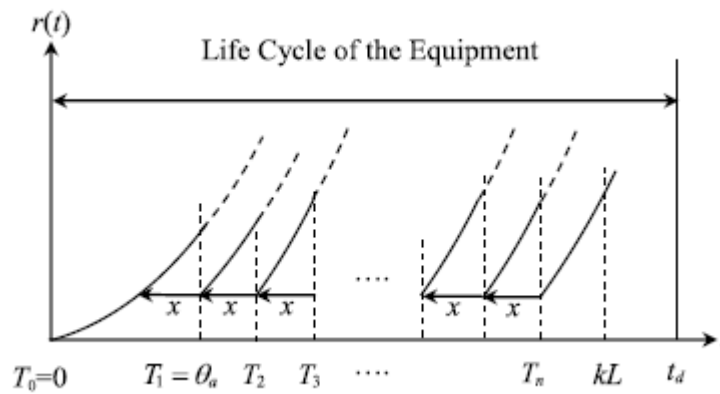
PENGEMBANGAN DAN VERIFIKASI MODEL

4.1 Pengembangan Model

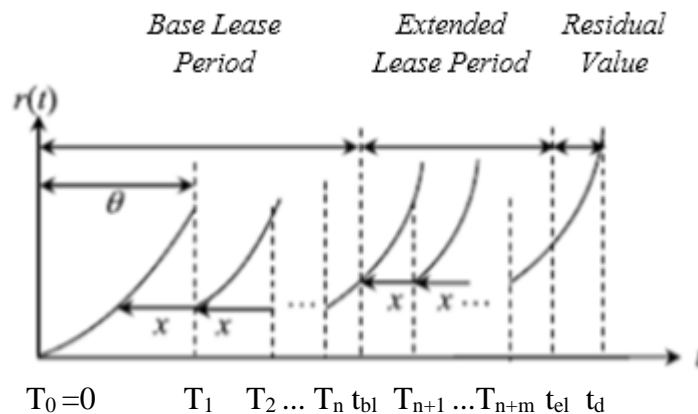
Pengembangan model dilakukan pada sistem *leasing* peralatan dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* (*extended lease*). Sistematika *leasing* peralatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1. Model penelitian ini dirumuskan untuk menghilangkan resiko dalam pembiayaan yang diterima pihak *lessee* atas perpanjangan periode *lease* di awal kontrak, seperti ketidakpastian performansi peralatan dan tanggung jawab *lessor* terhadap *lessee*. Pihak *lessee* dapat mengevaluasi performansi peralatan dan tanggung jawab *lessor* sebelum melakukan perpanjangan periode *lease*. Oleh karena itu, tujuan perumusan model ini adalah menentukan kebijakan *maintenance* yang optimal dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* yang ditawarkan pada akhir masa kontrak. *Lessor* akan memberikan diskon kepada *lessee* atas perpanjangan periode *lease* (*extended lease*). *Lessor* akan dikenakan biaya penalti jika peralatan sewaan mengalami kegagalan. Kebijakan *maintenance* yang akan digunakan adalah *minimal repair* dan *imperfect PM*, *minimal repair* untuk mengembalikan peralatan ke kondisi operasional ketika terjadi kegagalan dengan durasi waktu tidak diabaikan dan *imperfect PM* untuk menghindari terjadinya kegagalan. *Age Reduction Method* (ARM) digunakan dalam menentukan *imperfect PM*. Perbedaan antara model penelitian sebelumnya (Yeh et al., 2011) dengan model penelitian ini dapat dilihat dari ARM untuk PM dari siklus hidup peralatan sewaan pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.1 Sistemika *leasing* peralatan dengan perpanjangan periode



Gambar 4.2 ARM untuk PM model Yeh et al. (2011)



Gambar 4.3 ARM untuk PM model penelitian ini

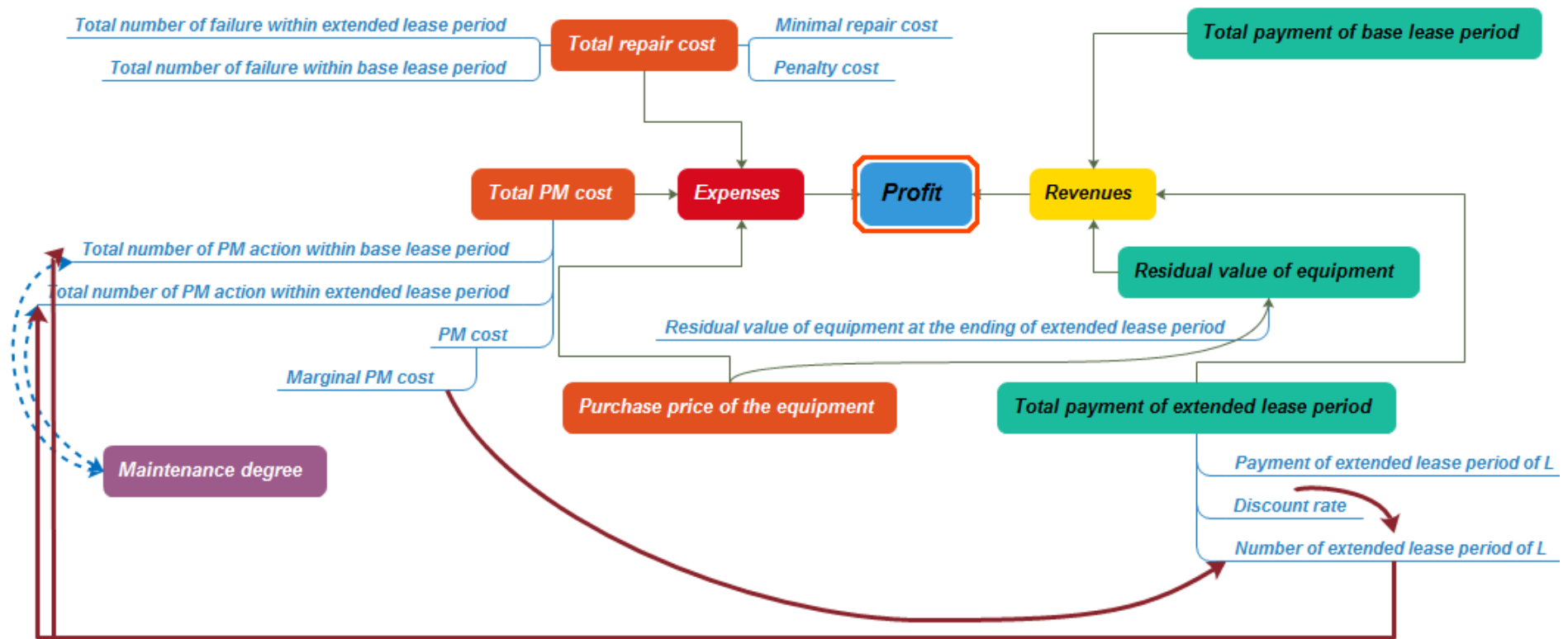
4.1.1 Karakteristik dan Deskripsi Model Penelitian Ini

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh kebijakan *maintenance* dan jumlah periode perpanjangan *lease* (*extended lease*) yang optimal. Kondisi optimal tersebut dicapai ketika *lessor* memperoleh keuntungan maksimal. Besar dan kecilnya pendapatan (*revenue*) dan pembiayaan (*expense*) akan mempengaruhi besarnya keuntungan (*profit*) yang diperoleh. Deskripsi model penelitian ini dalam mencapai kondisi optimal (keuntungan maksimal) dapat dilihat pada Gambar 4.4. Karakteristik dari model tersebut adalah sebagai berikut:

- ❖ Semakin kecil nilai pembiayaan (*expense*), maka semakin besar keuntungan (*profit*) yang diperoleh.
- ❖ Semakin besar nilai pendapatan (*revenue*), maka semakin besar keuntungan (*profit*) yang diperoleh.
- ❖ Besar nilai pembiayaan (*expense*) dipengaruhi oleh total biaya *repair* (*total repair cost*), total biaya PM (*total PM cost*), dan harga beli peralatan (*purchase price of the equipment*). Semakin kecil nilai ketiga komponen biaya tersebut, maka semakin kecil nilai pembiayaan (*expense*) yang dikeluarkan. Sehingga, keuntungan (*profit*) akan semakin besar.
- ❖ Nilai total biaya *repair* (*total repair cost*) mengikuti jumlah kegagalan yang terjadi, baik untuk periode *base lease* maupun *extended lease*. Setiap kegagalan yang terjadi akan menimbulkan biaya *minimal repair* dan penalti. Semakin sedikit jumlah kegagalan yang terjadi, maka semakin kecil total

biaya *repair* yang dikeluarkan. Sehingga, keuntungan (*profit*) akan semakin besar.

- ❖ Nilai total biaya PM (*total PM cost*) akan mengikuti jumlah PM yang dilakukan, baik untuk periode *base lease* maupun *extended lease*. Jumlah PM akan dipengaruhi oleh jumlah periode perpanjangan (*number of extended lease period of L*) dan *maintenance degree*. Semakin banyak jumlah periode perpanjangan yang dilakukan *lessee*, maka semakin banyak jumlah PM yang dilakukan. Selain itu, ada hubungan timbal balik antara penentuan jumlah PM dengan *maintenance degree* dalam satu periode waktu. Semakin besar *maintenance degree* yang diberikan, maka semakin sedikit jumlah PM yang dilakukan dalam satu periode waktu. Begitu juga sebaliknya. Akan tetapi, nilai maksimum *maintenance degree* yang diberikan harus mengikuti Teorem 3. Semakin sedikit jumlah PM, maka semakin kecil total biaya PM. Sehingga, keuntungan (*profit*) akan semakin besar.
- ❖ Besar nilai pendapatan (*revenue*) dipengaruhi oleh total pembayaran dari periode *base lease* (*total payment of base lease period*), total pembayaran dari periode *extended lease* (*total payment of extended lease period*), dan nilai sisa peralatan (*residual value of equipment*). Semakin besar nilai ketiga komponen pendapatan tersebut, maka semakin besar nilai pendapatan (*revenue*) yang diperoleh. Sehingga, keuntungan (*profit*) akan semakin besar.
- ❖ Total pembayaran dari periode *extended lease* (*total payment of extended lease period*) akan semakin besar mengikuti pertambahan jumlah periode perpanjangan (*number of extended lease period of L*). Banyaknya jumlah periode perpanjangan dipengaruhi oleh tingkat diskon (*discount rate*) dan biaya marjinal PM (*marginal PM cost*). Semakin besar tingkat diskon yang diberikan *lessor* dan semakin kecil biaya marjinal PM, maka semakin banyak jumlah periode perpanjangan yang dilakukan *lessee*. Sehingga, total pembayaran pada periode *extended lease* dan keuntungan (*profit*) akan semakin besar.



Gambar 4.4 Deskripsi model penelitian

4.1.2 Formulasi Matematika

Notasi matematika yang akan digunakan pada model penelitian ini adalah sebagai berikut:

L	= satuan panjang periode <i>lease</i>
k	= jumlah periode <i>lease</i> ketika setiap periode peralatan adalah L
H_{bl}	= Total pembayaran dari <i>leasing</i> peralatan periode <i>base lease</i> (dasar)
H_{el}	= pembayaran dari <i>leasing</i> peralatan untuk setiap L periode <i>extended lease</i> (diperpanjang)
$r(t)$	= fungsi tingkat kegagalan peralatan sewaan
$R(t)$	= fungsi tingkat kegagalan kumulatif peralatan sewaan
C_m	= biaya <i>minimal repair</i>
C_f	= biaya penalti untuk setiap kegagalan
τ	= batas durasi waktu untuk <i>minimal repair</i>
θ	= batas kontrol umur untuk melakukan tindakan PM
x	= <i>maintenance degree</i> untuk tindakan PM. Tingkat perawatan yang akan menentukan kapan tindakan perawatan selanjutnya. Semakin besar tingkat perawatan, maka semakin lama jangka waktu untuk melakukan tindakan perawatan selanjutnya
$C_p(x)$	= fungsi biaya PM dengan <i>maintenance degree</i> x
n	= jumlah total tindakan PM selama periode <i>base lease</i> (dasar) $(0, t_{bl}]$
m	= jumlah total tindakan PM selama periode <i>extended lease</i> (diperpanjang) $(t_{bl}, t_{el}]$
T_i	= <i>time epoch</i> pelaksanaan tindakan PM ke- i
t_{bl}	= periode <i>base lease</i> (dasar) pada <i>leasing</i> peralatan
t_{el}	= periode <i>extended lease</i> (diperpanjang) pada <i>leasing</i> peralatan, dimana $t_{el} = t_{bl} + kL$
t_d	= siklus hidup peralatan
V	= harga pembelian peralatan
V_d	= nilai sisa dari peralatan pada waktu t_d
ϕ	= tingkat diskon dari pembayaran periode <i>extended lease</i> $(0 \leq \phi \leq 1)$
$E[TC]$	= perkiraan total pembiayaan selama periode <i>lease</i>

$E[TR]$ = perkiraan total pendapatan selama periode *lease*

$E[TP]$ = perkiraan total keuntungan selama periode *lease*

4.1.3 Pengembangan Model Biaya

Berdasarkan Gambar 4.3, ketika umur peralatan mencapai batas kontrol θ selama periode *lease* $(0, t_{bl} + kL)$, maka *imperfect* PM dilakukan dengan *degree* yang sama sebesar x . Penambahan pembatas kondisi $x \leq \theta \leq \min\{t_{bl}, kL\}$ dan $\max\{(t_{bl} - \theta)/n, (kL - \theta)/m\} \leq x \leq \min\{t_{bl}, kL\}$ menghasilkan persamaan $T_i = T_{i-1} + x, i = 1, 2, \dots, n + m$. Hasil ini menunjukkan bahwa $T_i = T_1 + (i - 1)x, i = 1, 2, \dots, n + m$. Substitusi $T_1 = \theta$ ke $T_i = T_1 + (i - 1)x$, sehingga persamaan dapat ditulis menjadi $T_i = \theta + (i - 1)x, i = 1, 2, \dots, n + m$.

a. Perkiraan total pembiayaan selama periode *lease*

✓ Biaya *Repair*

$r(t)$ untuk tingkat kegagalan peralatan dengan $r(0) = 0$. Perkiraan total jumlah kegagalan pada interval $[0, t]$ adalah $R(t) = \int_0^t r(u) du$. Dengan menggunakan distribusi *Weibull* dua parameter, tingkat kegagalan peralatan adalah $r(t) = \lambda\beta(\lambda t)^{\beta-1}$, dimana $\alpha > 0$ dan $\beta > 1$. Sehingga, $R(t) = (\lambda t)^\beta$. Kegagalan peralatan diperbaiki menggunakan *minimal repair*, proses kegagalan peralatan pada interval $[T_i, T_{i+1}]$ mengikuti *non-homogeneous Poisson process* dengan *intensity* $r(t - ix)$. Setiap peralatan gagal selama periode *base lease* $(0, t_{bl} + kL]$ akan dikenakan biaya *minimal repair* yang sudah ditentukan $C_m > 0$ ke pihak *lessor*. Perhitungan biaya *repair* peralatan selama periode *lease* $(0, t_{el})$ mengikuti pers. (2.9) dengan menjumlahkan biaya *repair* selama periode *base lease* dan periode *extended lease*.

= (biaya *minimal repair* + biaya *penalty*) x (jumlah kegagalan selama periode *base lease* dan *extended lease*)

Berdasarkan Gambar 4.3, perkiraan jumlah kegagalan adalah

$$\sum_{i=0}^{n-1} \int_{T_i}^{T_{i+1}} r(t - ix) dt + \int_{T_n}^{t_{bl}} r(t - nx) dt$$

dimana $T_0 = 0$ dan $T_i = \theta$ selama periode *base lease* $(0, t_{bl}]$ dan

$$\int_{t_{bl}}^{T_{n+1}} r(t-nx)dt + \sum_{i=1}^m \int_{T_{n+i}}^{T_{n+i+1}} r(t-(n+i)x)dt$$

dimana $T_{n+m+1} = t_{el}$ dan $t_{el} = t_{bl} + kL, k = 0, 1, 2, \dots$ pada periode **extended lease** $(t_{bl}, t_{el}]$. Maka biaya *repair* peralatan selama periode *lease* $(0, t_{el})$ adalah

$$\begin{aligned} & [C_m + C_f] \left\{ \sum_{i=0}^{n-1} \int_{T_i}^{T_{i+1}} r(t-ix)dt + \int_{T_n}^{t_{bi}} r(t-nx)dt + \int_{t_{bi}}^{T_{n+1}} r(t-nx)dt \right. \\ & \quad \left. + \sum_{i=1}^m \int_{T_{n+i}}^{T_{n+i+1}} r(t-(n+i)x)dt \right\} \\ & = [C_m + C_f] \left\{ (n+m) [R(\theta) - R(\theta-x)] + R(t_{bl} + kL - (n+m)x) \right\} \end{aligned} \quad (4.1)$$

✓ Biaya PM

Imperfect PM dilakukan dengan *degree* yang sama sebesar x ketika umur peralatan mencapai *controlled-limit* θ selama periode *lease* $(0, t_{bl} + kL)$. Biaya PM adalah $C_p(x)$, sifatnya *non-negative* dan *non-decreasing function* dari *maintenance degree* x . Contoh: $C_p(x) \geq 0$ dan $C_p'(x) \geq 0$ untuk semua $x \geq 0$.

Berdasarkan Gambar 4.3, PM dilakukan pada waktu $T_i, i = 1, 2, \dots, n+m$. Biaya PM selama periode *lease* (*base + extended*) $(0, t_{bl} + kL)$ mengikuti pers. (2.13) dengan menjumlahkan biaya PM selama periode *base* dan *extended lease*.

= (jumlah tindakan PM selama periode *base lease* x biaya PM) + (jumlah tindakan PM selama periode *extended lease* x biaya PM)

$$\sum_{i=0}^n C_p(x) + \sum_{i=0}^m C_p(x) = (n+m)C_p(x) \quad (4.2)$$

Perkiraan total pembiayaan selama periode *lease* mengikuti pers. (2.2) dengan menjumlahkan total biaya *repair*, total biaya PM, dan harga beli peralatan. Sehingga, perkiraan total pembiayaan selama periode *lease* $(0, t_{bl} + kL)$ adalah

$$\begin{aligned} E[TC] &= \text{Total biaya } repair + \text{Total biaya PM} + \text{Harga beli peralatan} \\ E[TC] &= [C_m + C_f] \left\{ (n+m) [R(\theta) - R(\theta-x)] + R(t_{bl} + kL - (n+m)x) \right\} \\ & \quad + (n+m)C_p(x) + V \end{aligned} \quad (4.3)$$

b. Perkiraan total pendapatan selama periode *lease*

Setelah periode *base lease* berakhir, *lessor* memberikan diskon khusus (ϕ) untuk pembayaran periode *extended lease* (H_{el}). Berdasarkan pers. (2.3), jika *lessee* melakukan perpanjangan periode *lease*, *lessor* akan memperoleh pendapatan sebesar $H_{el}(1-\phi^k)/(1-\phi)$. Berdasarkan pers. (2.4), nilai sisa peralatan setelah periode *extended lease* berakhir ($t_{bl} + kL, t_d$) adalah $V - ((V - V_d)(t_{bl} + kL)/t_d)$.

Perhitungan perkiraan total pendapatan selama periode *lease* mengikuti pers. (2.16) dan (2.5). Berdasarkan pers. (2.16), pendapatan berupa pembayaran dari periode pertama (*base warranty*) perlu dimasukkan ke perhitungan. Selanjutnya berdasarkan pers. (2.5), nilai sisa peralatan setelah periode *extended lease* berakhir juga perlu dimasukkan ke perhitungan. Sehingga, perkiraan total pendapatan selama periode *lease* ($0, t_{bl} + kL$) menjadi

$E[TR]$ = Total pembayaran dari *leasing* peralatan periode *base lease* + Total pembayaran dari *leasing* peralatan periode *extended lease* dengan diskon (periode kL) + Nilai sisa peralatan

$$E[TR] = H_{bl} + H_{el} \left(\frac{1-\phi^k}{1-\phi} \right) + \left(V - \frac{V-V_d}{t_d} (t_{bl} + kL) \right) \quad (4.4)$$

c. Perkiraan total keuntungan selama periode *lease*

Menentukan perkiraan total keuntungan selama periode *lease* dengan mengkombinasi perkiraan total pembiayaan pada pers. (4.3) dengan perkiraan total pendapatan pada pers. (4.4).

$$\begin{aligned} E[TP] &= E[TR] - E[TC] \\ E[TP] &= H_{bl} + H_{el} \left(\frac{1-\phi^k}{1-\phi} \right) - \left(\frac{V-V_d}{t_d} (t_{bl} + kL) \right) \\ &\quad - [C_m + C_f] \{ (n+m) [R(\theta) - R(\theta-x)] + R(t_{bl} + kL - (n+m)x) \} \\ &\quad - (n+m)C_p(x) \end{aligned} \quad (4.5)$$

4.1.4 Kebijakan Optimal

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh kebijakan *maintenance* $(n^*, m^*, x^*, \theta^*)$ dan jumlah periode perpanjangan *lease* (*extended lease*) k^* yang optimal dalam memaksimalkan perkiraan total keuntungan. Dengan demikian dilakukan turunan pertama dan kedua dari pers. (4.5) terhadap k , yaitu:

$$\frac{\partial E[TP]}{\partial k} = -\frac{H_{el}\phi^k \ln \phi}{1-\phi} - L \left\{ \frac{V-V_d}{t_d} + [C_m + C_f] r(t_{bl} + kL - (n+m)x) \right\} \quad (4.6)$$

dan

$$\frac{\partial^2 E[TP]}{\partial k^2} = - \left[\frac{H_{el}\phi^k (\ln \phi)^2}{1-\phi} + L^2 [C_m + C_f] r'(t_{bl} + kL - (n+m)x) \right] \quad (4.7)$$

Teorem 1

Diberikan $n, m, x, \theta > 0$ ketika $r'(t) > 0, \forall t > 0$.

(i) Jika $\mathbf{k}^* = \mathbf{0}$, maka $L \left\{ \frac{V-V_d}{t_d} + [C_m + C_f] r(t_{bl} - (n+m)x) \right\} + \frac{H_{el} \ln \phi}{1-\phi} > 0$

(ii) Jika $\mathbf{k}^* = \frac{t_d - t_{bl}}{L}$, maka

$$L \left\{ \frac{V-V_d}{t_d} + [C_m + C_f] r \left(t_{bl} + \frac{t_d - t_{bl}}{L} L - (n+m)x \right) \right\} + \frac{H_{el}\phi^{\frac{t_d - t_{bl}}{L}} \ln \phi}{1-\phi} < 0$$

$$L \left\{ \frac{V-V_d}{t_d} + [C_m + C_f] r(t_d - (n+m)x) \right\} + \frac{H_{el}\phi^{\frac{t_d - t_{bl}}{L}} \ln \phi}{1-\phi} < 0$$

(iii) Jika $\min \left\{ \frac{H_{el}\phi^{\frac{t_d - t_{bl}}{L}} \ln \phi}{1-\phi}, -L \left\{ \frac{V-V_d}{t_d} + [C_m + C_f] r(t_d - (n+m)x) \right\} \right\} >$

$$\max \left\{ \frac{H_{el} \ln \phi}{1-\phi}, -L \left\{ \frac{V-V_d}{t_d} + [C_m + C_f] r(t_{bl} - (n+m)x) \right\} \right\},$$

maka ada solusi yang unik $k^* \in \left(0, \frac{t_d - t_{bl}}{L} \right)$ sehingga pers. (4.6) sama dengan nol.

Selanjutnya melakukan substitusi jumlah optimal periode *extended lease* k^* yang sifatnya unik ketika $r'(t) > 0, \forall t > 0$ ke pers. (4.5) maka perkiraan total keuntungan dapat ditulis menjadi

$$\begin{aligned}
E[TP] = & H_{bl} + H_{el} \left(\frac{1 - \phi^{k^*}}{1 - \phi} \right) - \left(\frac{V - V_d}{t_d} (t_{bl} + k^* L) \right) \\
& - [C_m + C_f] \left\{ (n+m) [R(\theta) - R(\theta - x)] + R(t_{bl} + k^* L - (n+m)x) \right\} \\
& - (n+m) C_p(x)
\end{aligned} \tag{4.8}$$

Teorem 2

Diberikan $n, m, x, > 0$ ketika $r'(t) > 0, \forall t > 0$, batas kontrol optimal $\theta^* = x$.

Dengan melakukan substitusi batas kontrol optimal $\theta^* = x$ ke pembatas kondisi $\max \left\{ (t_{bl} - \theta) / n, (k^* L - \theta) / m \right\} \leq x \leq \min \{ t_{bl}, k^* L \}$ dan pers. (4.8), pembatas kondisi menjadi $\max \left\{ t_{bl} / (n+1), k^* L / (m+1) \right\} \leq x \leq \min \{ t_{bl}, k^* L \}$ dan perkiraan total pendapatan menjadi

$$\begin{aligned}
E[TP] = & H_{bl} + H_{el} \left(\frac{1 - \phi^{k^*}}{1 - \phi} \right) - \left(\frac{V - V_d}{t_d} (t_{bl} + k^* L) \right) \\
& - [C_m + C_f] \left\{ (n+m) R(x) + R(t_{bl} + k^* L - (n+m)x) \right\} \\
& - (n+m) C_p(x)
\end{aligned} \tag{4.9}$$

Teorem 3

Diberikan $n, m > 0$ ketika $r'(t) > 0, \forall t > 0$ dan $C'_p(x) \geq 0, \forall x > 0$, PM *degree*

optimal $x^* = \max \left\{ \frac{t_{bl}}{n+1}, \frac{k^* L}{m+1} \right\}$.

Selanjutnya substitusi x^* ke pers. (4.9) sehingga perkiraan total keuntungan menjadi

$$\begin{aligned}
E[TP] = & H_{bl} + H_{el} \left(\frac{1 - \phi^{k^*}}{1 - \phi} \right) - \left(\frac{V - V_d}{t_d} (t_{bl} + k^* L) \right) \\
& - [C_m + C_f] \{ (n+m)R(x^*) + R(t_{bl} + k^* L - (n+m)x^*) \} \\
& - (n+m)C_p(x^*)
\end{aligned} \tag{4.10}$$

Pada akhirnya, sisa variabel keputusan dari pers. (4.10) adalah n dan m . Berdasarkan asumsi bahwa durasi waktu untuk melakukan *minimal repair* kurang atau sama dengan batas waktu yang ditentukan τ . Maka, ada pembatas kondisi $0 \leq n\tau \leq t_{bl}$ dan $0 \leq m\tau \leq k^* L$. Berturut-turut batas atas untuk n dan m adalah t_{bl}/τ dan $k^* L/\tau$. Batas tersebut digunakan untuk mencari n^* (optimal) pada interval $[0, t_{bl}/\tau]$ dan m^* (optimal) pada interval $[0, k^* L/\tau]$ karena keduanya adalah *interger*.

4.2 Verifikasi Model

Verifikasi model pada penelitian ini akan menggunakan cara analitis. Berikut adalah pembuktian dari tiga teorem yang ada di atas:

a) Teorem 1

Ketika $r'(t) > 0, \forall t > 0$, kita mempunyai $\partial^2 E[TP] / \partial k^2 < 0$. Ini menunjukkan bahwa $\partial E[TP] / \partial k$ adalah penurunan fungsi k . Substitusi $k = 0$ dan $k = (t_d - t_{bl}) / L$ ke pers. (4.6), sehingga menjadi

$$\frac{\partial E[TP]}{\partial k} \Big|_{k=0} = - \left[\frac{H_{el} \ln \phi}{1 - \phi} + L \left\{ \frac{V - V_d}{t_d} + [C_m + C_f] r(t_{bl} - (n+m)x) \right\} \right] \tag{4.11}$$

dan

$$\frac{\partial E[TP]}{\partial k} \Big|_{k=(t_d - t_{bl})/L} = - \left[\frac{H_{el} \phi^{(t_d - t_{bl})/L} \ln \phi}{1 - \phi} + L \left\{ \frac{V - V_d}{t_d} + [C_m + C_f] r(t_d - (n+m)x) \right\} \right] \tag{4.12}$$

Ini menunjukkan bahwa tingkat diskon yang dimiliki ($0 \leq \phi \leq 1$). Oleh karena itu diperoleh pembatas kondisi $H_{el} \ln \phi / (1 - \phi) < H_{el} \phi^{(t_d - t_{bl})/L} \ln \phi / (1 - \phi) < 0$. Ketika $r'(t) > 0, \forall t > 0$, $r(t)$ meningkat dan pembatas kondisi adalah

$$0 < L\{(V - V_d)/t_d + [C_m + C_f]r(t_{bl} - (n+m)x)\} < L\{(V - V_d)/t_d + [C_m + C_f]r(t_d - (n+m)x)\}.$$

Setelah $\partial E[TP]/\partial k$ merupakan sebuah fungsi penurunan k , maka diperoleh hasil sebagai berikut:

- i. Jika $L\{(V - V_d)/t_d + [C_m + C_f]r(t_{bl} - (n+m)x)\} + H_{el} \ln \phi / (1 - \phi) > 0$, kemudian $\partial E[TP]/\partial k|_{k=0} < 0$ dan $\partial E[TP]/\partial k|_{k=(t_d - t_{bl})/L} < 0$. Ini menunjukkan bahwa $\partial E[TP]/\partial k < 0$, kemudian $E[TP]$ adalah sebuah fungsi penurunan k . Oleh karena itu, jumlah optimal masa *extended lease* adalah $k^* = 0$.
- ii. Jika $L\{(V - V_d)/t_d + [C_m + C_f]r(t_d - (n+m)x)\} + H_{el} \phi^{(t_d - t_{bl})/L} \ln \phi / (1 - \phi) < 0$, kemudian $\partial E[TP]/\partial k|_{k=0} > 0$ dan $\partial E[TP]/\partial k|_{k=(t_d - t_{bl})/L} > 0$. Ini menunjukkan bahwa $\partial E[TP]/\partial k > 0$, kemudian $E[TP]$ adalah sebuah fungsi peningkatan k . Oleh karena itu, jumlah optimal masa *extended lease* adalah $k^* = (t_d - t_{bl})/L$.
- iii. Jika $\min\{H_{el} \phi^{(t_d - t_{bl})/L} \ln \phi / (1 - \phi), -L\{(V - V_d)/t_d + [C_m + C_f]r(t_d - (n+m)x)\}\} > \max\{H_{el} \ln \phi / (1 - \phi), -L\{(V - V_d)/t_d + [C_m + C_f]r(t_{bl} - (n+m)x)\}\}$, kemudian $\partial E[TP]/\partial k|_{k=0} > 0$ dan $\partial E[TP]/\partial k|_{k=(t_d - t_{bl})/L} < 0$. Setelah $\partial E[TP]/\partial k$ merupakan sebuah fungsi penurunan k , $\partial E[TP]/\partial k$ mengubah tanda dari positif ke negatif pada interval $(0, (t_d - t_{bl})/L)$. Oleh karena itu, ada sebuah solusi k^* seperti $\partial E[TP]/\partial k|_{k=k^*} = 0$.

b) Teorem 2

Diberikan $n, m, x, > 0$ ketika $r'(t) > 0, \forall t > 0$, $r(t)$ meningkat. Setelah $r(t)$ adalah sebuah fungsi peningkatan dalam t , maka $\partial E[TP]/\partial \theta < 0$. Hal ini terbukti setelah melakukan turunan pertama pers. (4.8) terhadap θ .

$$\frac{\partial E[TP]}{\partial \theta} = -[C_m + C_f](n+m)[r(\theta) - r(\theta - x)] \quad (4.13)$$

Ini menunjukkan bahwa $E[TP]$ adalah sebuah fungsi penurunan θ . Oleh karena itu, batas kontrol optimal adalah $\theta^* = x$ pada pembatas kondisi $x \leq \theta \leq \min\{t_{bl}, k^*L\}$.

c) Teorem 3

Ketika $r'(t) > 0, \forall t > 0$, $r(t)$ meningkat. Setelah pembatas kondisi $t_{bl} + k^*L \leq (n+m+1)x$ dan $r(t)$ meningkat, maka $r(t_{bl} + k^*L - (n+m)x) \leq r(x)$. Ketika $C'_p(x) \geq 0, \forall x > 0$, maka $\partial E[TP] / \partial x < 0$. Hal ini terbukti setelah melakukan turunan pertama pers. (4.9) terhadap x .

$$\frac{\partial E[TP]}{\partial x} = -(n+m) \left\{ (C_m + C_f) [r(x) - r(t_{bl} + k^*L - (n+m)x)] + C'_p(x) \right\} \quad (4.14)$$

Ini menunjukkan bahwa $E[TP]$ adalah sebuah fungsi penurunan x . Oleh karena pembatas kondisi $\max \{t_{bl} / (n+1), k^*L / (m+1)\} \leq x \leq \min \{t_{bl}, k^*L\}$, maka PM *degree* optimal $x^* = \max \{t_{bl} / (n+1), k^*L / (m+1)\}$.

BAB 5

PERCOBAAN NUMERIK DAN ANALISIS HASIL

Pada bab ini akan berisi langkah-langkah algoritma untuk melakukan percobaan numerik, ringkasan hasil, dan analisis hasil dari dua percobaan numerik model penelitian ini.

5.1 Langkah-langkah Algoritma

Langkah-langkah algoritma yang digunakan dalam melakukan percobaan numerik yaitu:

1. Tentukan $k = 1$, $\max E[TP] = 0$ dan hitung $\bar{k} = (t_d - t_{bl}) / L$, $\bar{n} = t_{bl} / \tau$.
2. Tentukan $n = 1$ dan hitung $\bar{m} = kL / \tau$.
3. Tentukan $m = 1$.
4. Hitung $\theta = x = \max \{t_{bl} / (n+1), kL / (m+1)\}$ dan

$$E[TP] = H_{bl} + H_{el} \left(\frac{1 - \phi^k}{1 - \phi} \right) - \left(\frac{V - V_d}{t_d} (t_{bl} + kL) \right) \\ - [C_m + C_f] \{ (n+m)R(x) + R(t_{bl} + kL - (n+m)x) \} \\ - (n+m)C_p(x).$$

5. Jika $\max E[TP] < E[TP]$, maka $(k^*, n^*, m^*, x^*, \theta^*) = (k, n, m, x, \theta)$, sehingga $\max E[TP] = E[TP]$. Jika tidak, tentukan $m = m + 1$.
Jika $m > \bar{m}$, maka lanjut ke langkah 6. Jika tidak, kembali ke langkah 4.
6. Tentukan $n = n + 1$. Jika $n > \bar{n}$, maka lanjut ke langkah 7. Jika tidak, kembali ke langkah 3.
7. Tentukan $k = k + 1$. Jika $k > \bar{k}$, maka berhenti. Jika tidak, kembali ke langkah 2.

5.2 Percobaan Numerik

Bahasa pemrograman Matlab digunakan dalam menerjemahkan algoritma di atas ke dalam program komputer. Percobaan numerik I akan menggunakan data-data sebuah peralatan sewaan dari percobaan numerik Yeh et

al. (2011), Chang & Lo (2011), dan Chang & Lin (2012) untuk mengevaluasi model penelitian ini dalam menentukan kebijakan *maintenance* dan jumlah periode perpanjangan *lease* (*extended lease*) yang optimal. Pemberian variasi tingkat diskon, laju kerusakan peralatan (*shape parameter*), dan biaya marjinal PM terhadap perolehan jumlah periode perpanjangan *lease* (*extended lease*), jumlah PM, dan *maintenance degree* dalam memaksimalkan keuntungan *lessor*. Sedangkan percobaan numerik II akan menggunakan data-data sebuah peralatan sewaan dari percobaan numerik Yeh et al. (2011) dengan penambahan nilai durasi waktu untuk melakukan *minimal repair* hampir sama dengan nol (menunjukkan waktu untuk melakukan *minimal repair* diabaikan). Tujuan percobaan numerik II adalah untuk membandingkan hasil dari model penelitian ini dengan model Yeh et al. (2011) dalam menentukan kebijakan *maintenance* yang optimal dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease*. Beberapa data sebuah peralatan sewaan yang akan digunakan untuk kedua percobaan numerik model penelitian ini terdapat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data-data sebuah Peralatan Sewaan

No.	Notasi Matematika	Percobaan Numerik I		Percobaan Numerik II	
		Durasi Waktu (Bulan)	Biaya (\$)	Durasi Waktu	Biaya (\$)
1.	L	6		5	
2.	H_{bl}		$9600 = (48/6 \times 1200)$		$1200 = (1 \times 1200)$
3.	H_{el}		1200		1200
4.	V		2000		2000
5.	V_d		100		100
6.	t_{bl}	48		5	
7.	t_d	100		100	
8.	C_m		220		220
9.	C_f		180		180
10.	τ	0.1 (3 hari)		0.02	

Sumber: Yeh et al. (2011) dan Chang & Lo (2011)

Selanjutnya, biaya PM akan berubah mengikuti variasi biaya marjinal PM b . Fungsi biaya PM untuk percobaan numerik I mengikuti Chang & Lin (2012), maka $C_p(x) = 30 + bx$ (\$). Sedangkan fungsi biaya PM untuk percobaan numerik II mengikuti Yeh et al. (2011), maka $C_p(x) = 5 + bx$ (\$). Nilai parameter model lainnya yang akan digunakan antara lain:

$$b = 0, 10, 30, 50, 70, 90 \qquad \alpha = 5$$

$$\phi = 0.7, 0.8, 0.9 \qquad \beta = 1.5, 2, 2.3$$

Penelitian ini menggunakan distribusi *Weibull* dua parameter, tingkat kegagalan peralatan sewaan adalah $r(t) = \lambda\beta(\lambda t)^{\beta-1}$, dimana $\alpha > 0$ dan $\beta > 1$. Ringkasan hasil matlab dari percobaan numerik I dan II dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan 5.3. Program atau perintah yang digunakan pada matlab dan hasil detailnya dapat dilihat pada Lampiran A dan B.

Tabel 5.2 Hasil Percobaan Numerik I

b	$\phi = 0.7$					$\phi = 0.8$					$\phi = 0.9$				
	k^*	n^*	m^*	$\theta^* = x^*$	$\max E[TP]$	k^*	n^*	m^*	$\theta^* = x^*$	$\max E[TP]$	k^*	n^*	m^*	$\theta^* = x^*$	$\max E[TP]$
$\beta = 1.5$															
0	3	34	13	1.3714	6794	4	34	16	1.4118	7213	8	34	33	1.4118	8519
10	3	32	12	1.4545	6151	4	34	17	1.3714	6509	8	34	33	1.4118	7573
30	2	31	7	1.5000	4966	3	33	12	1.4118	5178	6	32	24	1.4545	5843
50	2	31	7	1.5000	3826	2	31	7	1.5000	3946	4	33	16	1.4118	4319
70	1	31	3	1.5000	2763	2	31	7	1.5000	2806	3	31	11	1.5000	2981
90	1	31	3	1.5000	1743	1	31	3	1.5000	1743	2	31	7	1.5000	1786
$\beta = 2$															
0	4	36	17	1.3333	8145	6	36	26	1.3333	8779	8	35	34	1.3714	10434
10	3	34	13	1.3714	7467	5	35	21	1.3636	7999	8	35	34	1.3714	9487
30	3	34	12	1.3846	6187	4	34	17	1.3714	6543	8	34	34	1.3714	7606
50	2	35	8	1.3333	5006	3	33	12	1.4118	5214	6	35	26	1.3333	5881
70	2	35	8	1.3333	3859	2	35	8	1.3333	3979	4	33	16	1.4118	4356
90	1	31	3	1.5000	2796	2	31	7	1.5000	2838	3	31	11	1.5000	3012
$\beta = 2.3$															
0	4	34	16	1.4118	8658	6	32	25	1.4545	9376	8	33	32	1.4545	11118
10	4	34	16	1.4118	7952	5	33	21	1.4118	8554	8	33	32	1.4545	10172
30	3	33	12	1.4118	6657	4	32	16	1.4545	7058	8	33	33	1.4118	8287
50	2	31	7	1.5000	5433	3	31	11	1.5000	5686	7	32	28	1.4545	6485
70	2	31	7	1.5000	4293	3	31	11	1.5000	4426	5	31	19	1.5000	4904
90	1	31	3	1.5000	3187	2	31	7	1.5000	3273	4	31	15	1.5000	3491

Tabel 5.3 Hasil Percobaan Numerik II

b	$\phi=0.7$					$\phi=0.8$					$\phi=0.9$				
	k^*	n^*	m^*	$\theta^* = x^*$	$\max E[TP]$	k^*	n^*	m^*	$\theta^* = x^*$	$\max E[TP]$	k^*	n^*	m^*	$\theta^* = x^*$	$\max E[TP]$
$\beta = 1.5$															
0	5	12	59	0.4167	2909	7	12	82	0.4217	3783	15	12	176	0.4237	6407
10	4	11	46	0.4255	2648	6	11	69	0.4286	3394	13	11	151	0.4276	5674
30	3	10	32	0.4545	2173	5	10	54	0.4545	2738	10	11	119	0.4167	4417
50	3	10	32	0.4545	1792	4	10	43	0.4545	2185	8	10	87	0.4545	3395
70	2	8	17	0.5556	1445	3	9	29	0.5000	1711	7	10	76	0.4545	2560
90	2	7	15	0.6250	1168	3	8	26	0.5556	1332	5	9	49	0.5000	1874
$\beta = 2$															
0	6	9	53	0.5556	3443	9	9	80	0.5556	4555	18	9	160	0.5590	7899
10	5	8	43	0.5682	3132	8	8	69	0.5714	4095	16	8	140	0.5674	7002
30	4	8	35	0.5556	2600	6	8	53	0.5556	3319	13	8	116	0.5556	5501
50	3	7	23	0.6250	2148	5	7	39	0.6250	2683	10	8	89	0.5556	4292
70	3	6	20	0.7143	1773	4	7	31	0.6250	2152	8	7	63	0.6250	3304
90	2	5	11	0.8333	1452	3	6	20	0.7143	1701	7	7	55	0.6250	2490
$\beta = 2.3$															
0	6	8	46	0.6383	3602	9	8	69	0.6429	4782	19	8	144	0.6552	8350
10	5	7	37	0.6579	3271	8	7	59	0.6667	4302	17	7	127	0.6641	7402
30	4	6	27	0.7143	2719	7	6	48	0.7143	3486	13	6	90	0.7143	5823
50	3	6	20	0.7143	2248	5	6	34	0.7143	2830	11	6	76	0.7143	4559
70	3	5	17	0.8333	1879	4	5	23	0.8333	2280	9	6	62	0.7143	3528
90	2	4	9	1.0000	1543	4	5	23	0.8333	1813	7	6	48	0.7143	2690

5.3 Analisis Hasil

5.3.1 Percobaan Numerik I

Berdasarkan hasil percobaan numerik I pada Tabel 5.2, ada beberapa hal yang dapat dianalisis, yaitu:

- ❖ Kebijakan *maintenance* dan jumlah periode perpanjangan *lease (extended lease)* yang optimal

Salah satu hasil percobaan numerik yang akan digunakan sebagai contoh adalah ketika $(\beta, \phi, b) = (1.5, 0.7, 50)$, jumlah periode perpanjangan *lease* yang optimal adalah $k^* = 2$, kebijakan PM yang optimal adalah $(n^*, m^*, x^*, \theta^*) = (31, 7, 1.5)$ dan keuntungan maksimal pihak *lessor* adalah $E[TP] = 3826(\$)$. Hal tersebut menunjukkan ketika peralatan memiliki *shape parameter*/laju kerusakan sebesar 1.5, pemberian tingkat diskon sebesar 0.7 untuk

setiap pembayaran periode *extended lease*, dan biaya marginal PM sebesar \$50, maka pihak *lessor* dapat memperoleh keuntungan maksimal sebesar \$3826 jika menawarkan perpanjangan *lease* kepada pihak *lessee* sebanyak dua periode ($2L$) di akhir masa kontrak. Setiap periode perpanjangan *lease* (L) adalah untuk enam bulan, sehingga penawaran masa *extended lease* (k^*L) adalah 12 bulan. Jumlah tindakan PM yang dilakukan adalah 31 kali selama masa *base lease* (48 bulan) dan tujuh kali selama masa *extended lease* (12 bulan). Penentuan jumlah tindakan PM tersebut berkaitan dengan PM *degree* 1.5 bulan untuk *base* dan *extended lease*, hal ini dapat dibuktikan melalui perhitungan berikut ini:

✓ *Base lease*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah PM: } & (48 \text{ bulan} / 1.5 \text{ bulan}) - 1 \text{ kali} = 32 \text{ kali} - 1 \text{ kali} \\ & = 31 \text{ kali} \end{aligned}$$

✓ *Extended lease*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah PM: } & (12 \text{ bulan} / 1.5 \text{ bulan}) - 1 \text{ kali} = 8 \text{ kali} - 1 \text{ kali} \\ & = 7 \text{ kali} \end{aligned}$$

Maintenance degree yang sama untuk *base* dan *extended lease* menunjukkan bahwa jumlah tindakan PM per periode *lease* untuk *base* dan *extended lease* akan stabil, tidak ada peningkatan atau penurunan jumlah seiring berjalannya waktu. Hal ini dapat dibuktikan melalui perhitungan berikut ini:

✓ *Base lease*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah periode } & \textit{lease} : 48 \text{ bulan} / 6 \text{ bulan} = 8 \text{ periode } \textit{lease} \\ \text{Jumlah PM} & : 31 \text{ kali} / 8 \text{ periode } \textit{lease} = 3.875 \text{ kali/periode } \textit{lease} \\ & = 3 - 4 \text{ kali/periode } \textit{lease} \end{aligned}$$

✓ *Extended lease*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah periode } & \textit{lease} : 12 \text{ bulan} / 6 \text{ bulan} = 2 \text{ periode } \textit{lease} \\ \text{Jumlah PM} & : 7 \text{ kali} / 2 \text{ periode } \textit{lease} = 3.5 \text{ kali/periode } \textit{lease} \\ & = 3 - 4 \text{ kali/periode } \textit{lease} \end{aligned}$$

Artinya, ada tiga atau empat kali tindakan PM untuk setiap periode *lease* (enam bulan). *Time epoch* pelaksanaan tindakan PM dengan *degree* 1.5 bulan untuk kebijakan *maintenance* ini adalah sebagai berikut:

Masa base lease (dasar)

Periode ke-1: $T_1 \approx 1.5, T_2 \approx 3, T_3 \approx 4.5, T_4 \approx 6$

Periode ke-2: $T_5 \approx 7.5, T_6 \approx 9, T_7 \approx 10.5, T_8 \approx 12$

Periode ke-3: $T_9 \approx 13.5, T_{10} \approx 15, T_{11} \approx 16.5, T_{12} \approx 18$

Periode ke-4: $T_{13} \approx 19.5, T_{14} \approx 21, T_{15} \approx 22.5, T_{16} \approx 24$

Periode ke-5: $T_{17} \approx 25.5, T_{18} \approx 27, T_{19} \approx 28.5, T_{20} \approx 30$

Periode ke-6: $T_{21} \approx 31.5, T_{22} \approx 33, T_{23} \approx 34.5, T_{24} \approx 36$

Periode ke-7: $T_{25} \approx 37.5, T_{26} \approx 39, T_{27} \approx 40.5, T_{28} \approx 42$

Periode ke-8: $T_{29} \approx 43.5, T_{30} \approx 45, T_{31} \approx 46.5$

Masa extended lease (perpanjangan)

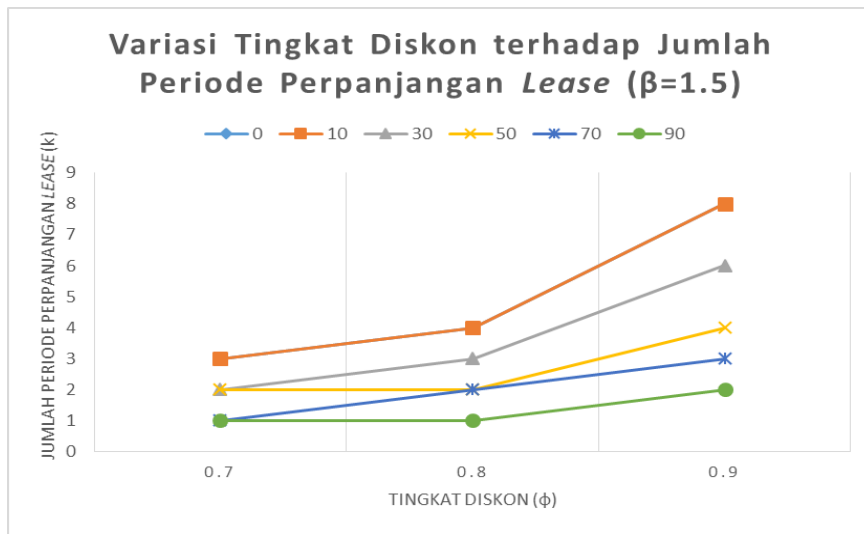
Periode ke-1: $T_1 \approx 49.5, T_2 \approx 51, T_3 \approx 52.5, T_4 \approx 54$

Periode ke-2: $T_5 \approx 55.5, T_6 \approx 57, T_7 \approx 58.5$

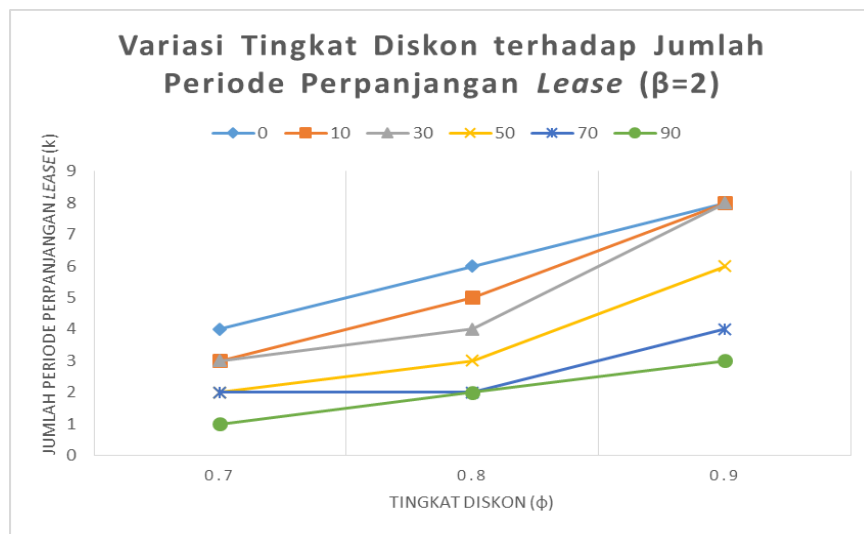
Adanya penentuan waktu untuk melakukan tindakan PM menunjukkan bahwa ada kontrol terhadap *failure rate* peralatan (θ), dimana pihak *lessor* harus melakukan tindakan PM ketika mencapai batas kontrol agar peralatan tidak mengalami kegagalan.

❖ Adanya variasi tingkat diskon

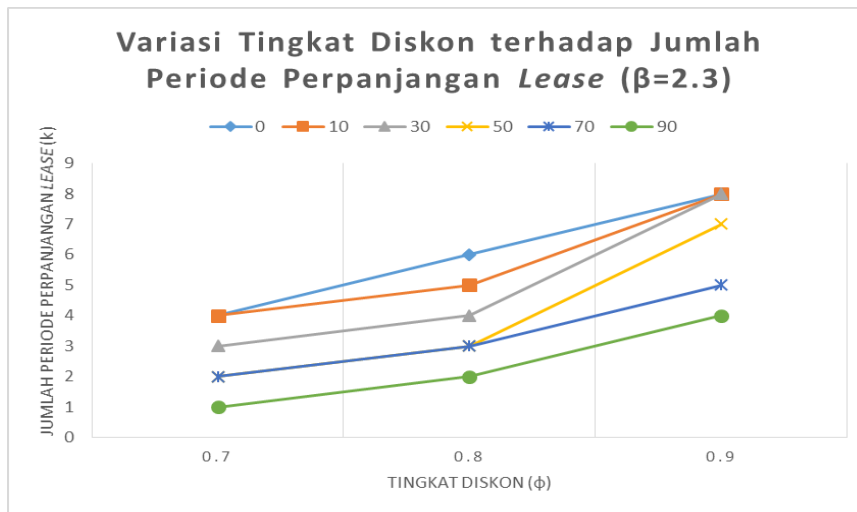
Sesuai dengan karakteristik sistem ini, besar kecilnya tingkat diskon yang diberikan oleh pihak *lessor* akan mempengaruhi jumlah periode perpanjangan *lease (extended lease)* yang dilakukan oleh pihak *lessee*. Semakin besar tingkat diskon maka semakin murah harga *lease* peralatan per periode, hal ini akan mendorong *lessee* untuk melakukan perpanjangan periode *lease*. Grafik variasi tingkat diskon terhadap jumlah periode perpanjangan *lease* (k^*) pada beberapa *shape parameter* (laju kerusakan meningkat) dapat dilihat pada Gambar 5.1, 5.2, dan 5.3.



Gambar 5.1 Grafik variasi tingkat diskon terhadap jumlah periode perpanjangan lease pada $\beta = 1.5$



Gambar 5.2 Grafik variasi tingkat diskon terhadap jumlah periode perpanjangan lease pada $\beta = 2$



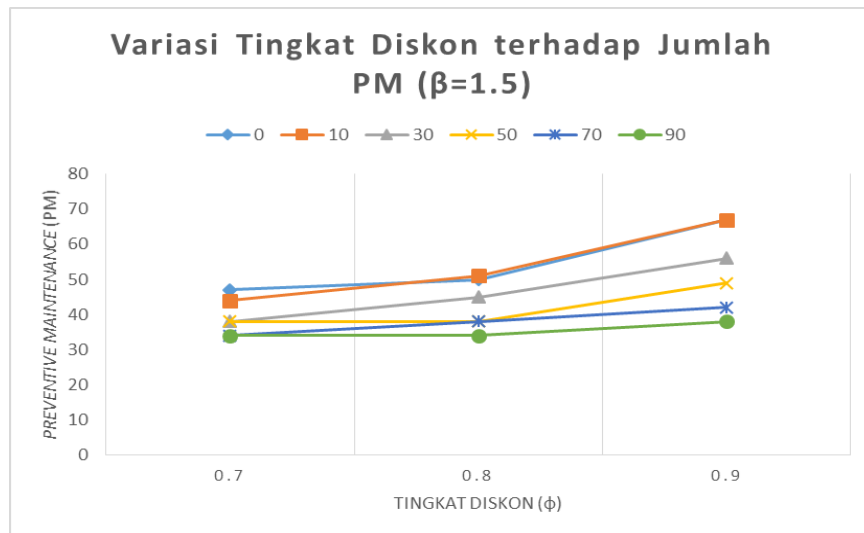
Gambar 5.3 Grafik variasi tingkat diskon terhadap jumlah periode perpanjangan lease pada $\beta = 2.3$

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.1, 5.2, dan 5.3, semua garis memiliki kecenderungan meningkat dari titik 0,7 sampai 0,9 pada setiap variasi biaya marjinal PM. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar tingkat diskon yang diberikan oleh pihak *lessor*, maka semakin banyak jumlah periode perpanjangan lease (k^*). Semakin banyak jumlah periode perpanjangan lease (k^*) maka semakin panjang masa *extended lease* yang dilakukan oleh pihak *lessee*. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui contoh grafik pada Gambar 5.3 dengan biaya marjinal PM tertentu, ketika $(\beta, b) = (2.3, 50)$ jumlah periode perpanjangan lease (k^*) untuk masing-masing variasi tingkat diskon 0.7, 0.8, dan 0.9 adalah 2, 3, dan 7. Sehingga, panjang masa *extended lease* (k^*L) yang dilakukan pihak *lessee* yaitu:

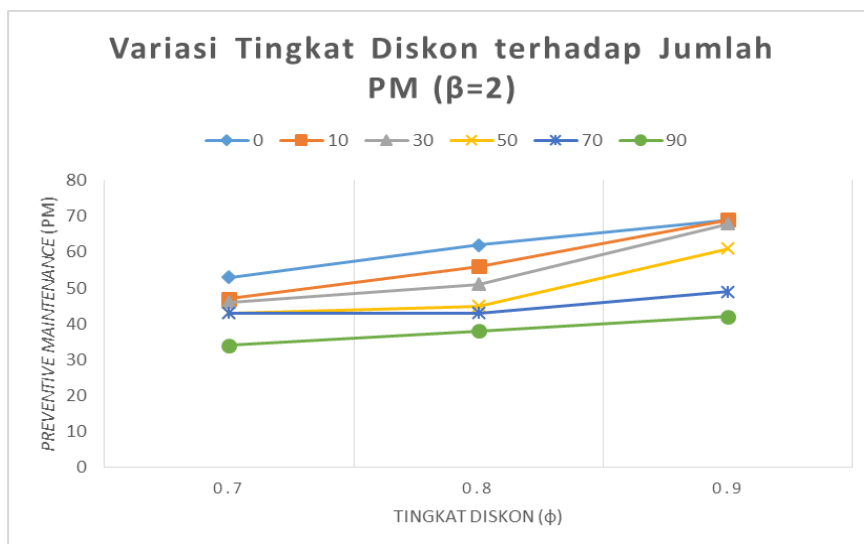
- ✓ 2 x 6 bulan = 12 bulan, untuk tingkat diskon 0.7
- ✓ 3 x 6 bulan = 18 bulan, untuk tingkat diskon 0.8
- ✓ 7 x 6 bulan = 42 bulan, untuk tingkat diskon 0.9

Selanjutnya, panjang masa *extended lease* akan mempengaruhi jumlah tindakan PM dan keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*. Semakin panjang masa *extended lease* menyebabkan semakin banyak jumlah tindakan PM dan semakin besar keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*. Sehingga, secara tidak langsung terdapat hubungan sebab akibat antara tingkat diskon

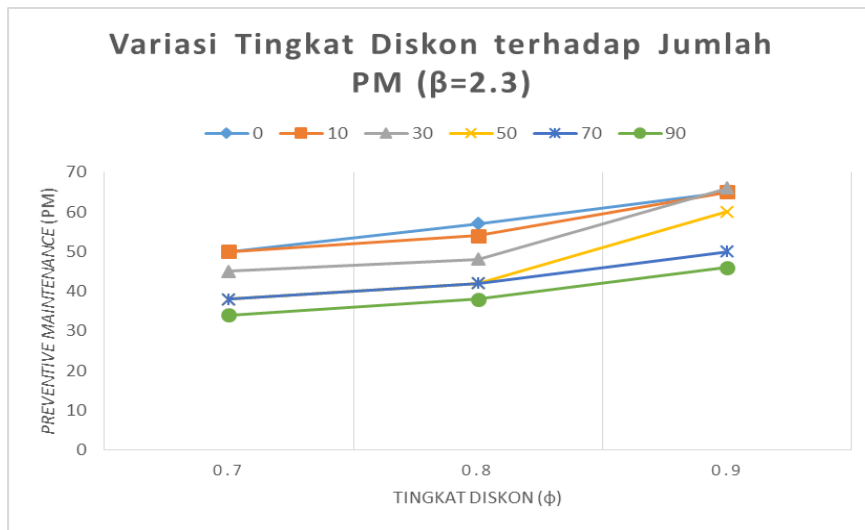
dengan jumlah tindakan PM dan keuntungan maksimal pihak *lessor*. Grafik variasi tingkat diskon terhadap jumlah tindakan PM pada beberapa *shape parameter* (laju kerusakan meningkat) dapat dilihat pada Gambar 5.4, 5.5, dan 5.6.



Gambar 5.4 Grafik variasi tingkat diskon terhadap jumlah PM pada $\beta = 1.5$

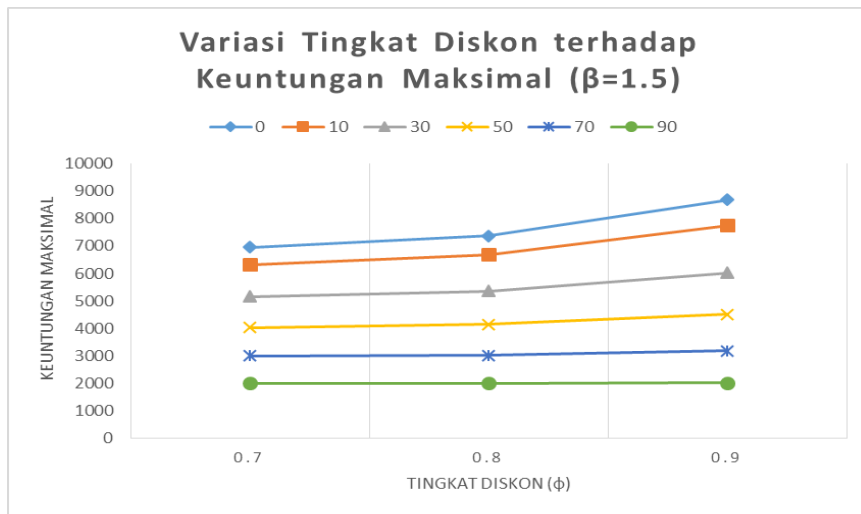


Gambar 5.5 Grafik variasi tingkat diskon terhadap jumlah PM pada $\beta = 2$

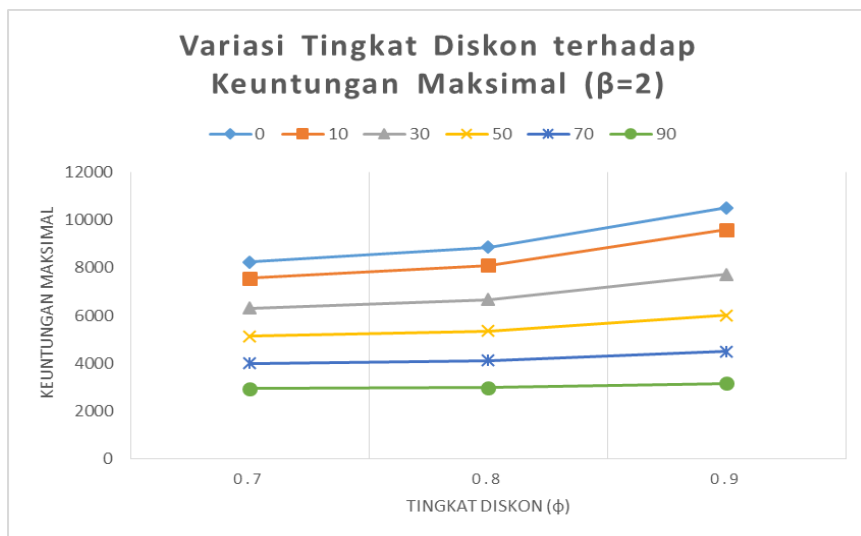


Gambar 5.6 Grafik variasi tingkat diskon terhadap jumlah PM pada $\beta = 2.3$

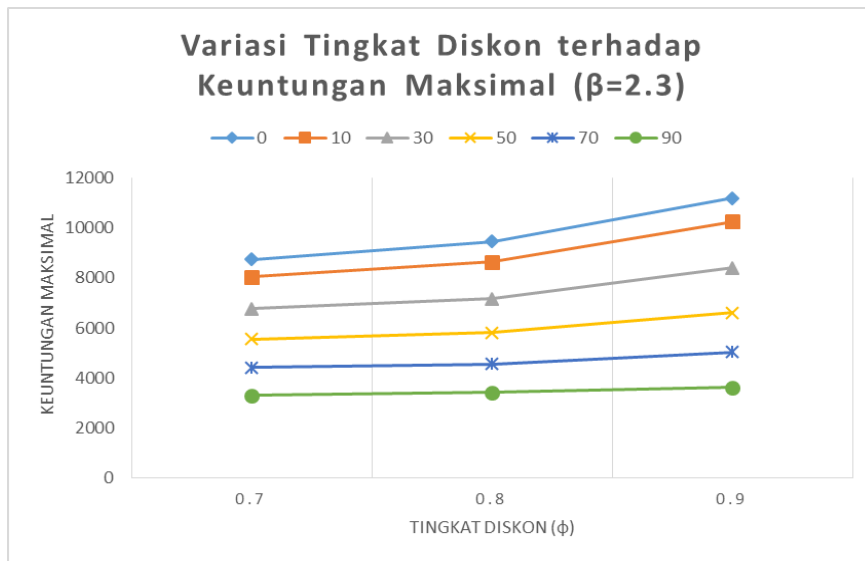
Semua garis memiliki kecenderungan meningkat pada grafik Gambar 5.4, 5.5, dan 5.6. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui contoh grafik pada Gambar 5.6 dengan biaya marjinal PM tertentu, ketika $(\beta, b) = (2.3, 50)$ jumlah tindakan PM untuk masing-masing variasi tingkat diskon 0.7, 0.8, dan 0.9 adalah 38, 42, dan 60. Ini menunjukkan bahwa semakin besar tingkat diskon maka semakin banyak jumlah tindakan PM. Selanjutnya, grafik variasi tingkat diskon terhadap besar kecilnya keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor* pada beberapa *shape parameter* (laju kerusakan meningkat) dapat dilihat pada Gambar 5.7, 5.8, dan 5.9.



Gambar 5.7 Grafik variasi tingkat diskon terhadap keuntungan maksimal *lessor* pada $\beta = 1.5$



Gambar 5.8 Grafik variasi tingkat diskon terhadap keuntungan maksimal *lessor* pada $\beta = 2$

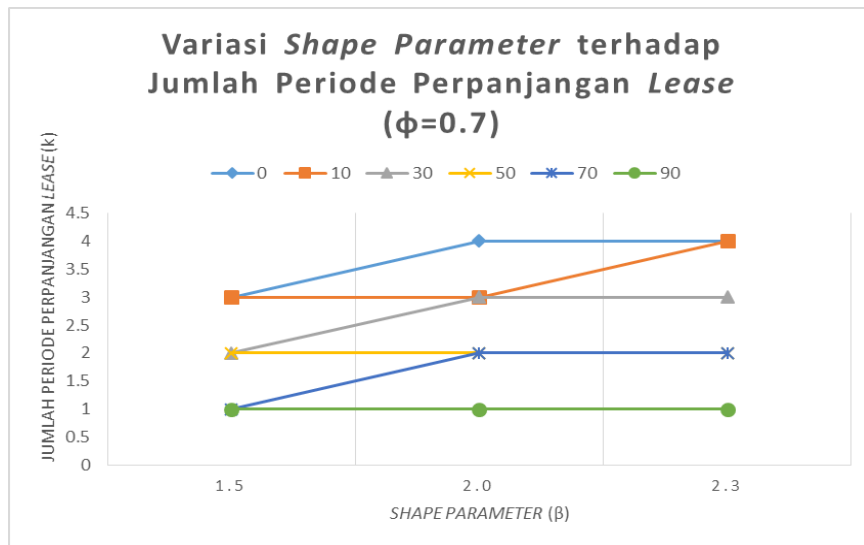


Gambar 5.9 Grafik variasi tingkat diskon terhadap keuntungan maksimal *lessor* pada $\beta = 2.3$

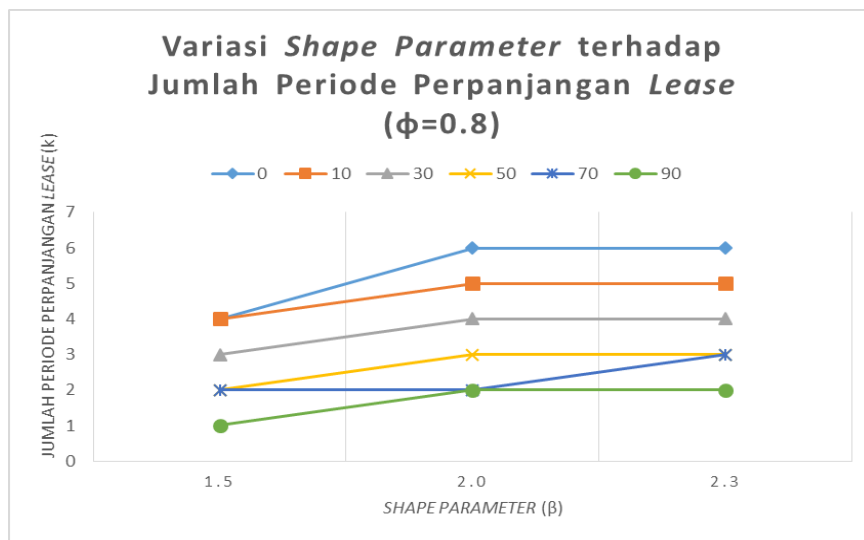
Semua garis memiliki kecenderungan meningkat pada grafik Gambar 5.7, 5.8, dan 5.9. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui contoh grafik pada Gambar 5.9 dengan biaya marjinal PM tertentu, ketika $(\beta, b) = (2.3, 50)$ keuntungan maksimal untuk masing-masing variasi tingkat diskon 0.7, 0.8, dan 0.9 adalah \$5433, \$5686, dan \$6485. Ini menunjukkan bahwa semakin besar tingkat diskon maka semakin besar keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*.

❖ Adanya variasi *shape parameter*

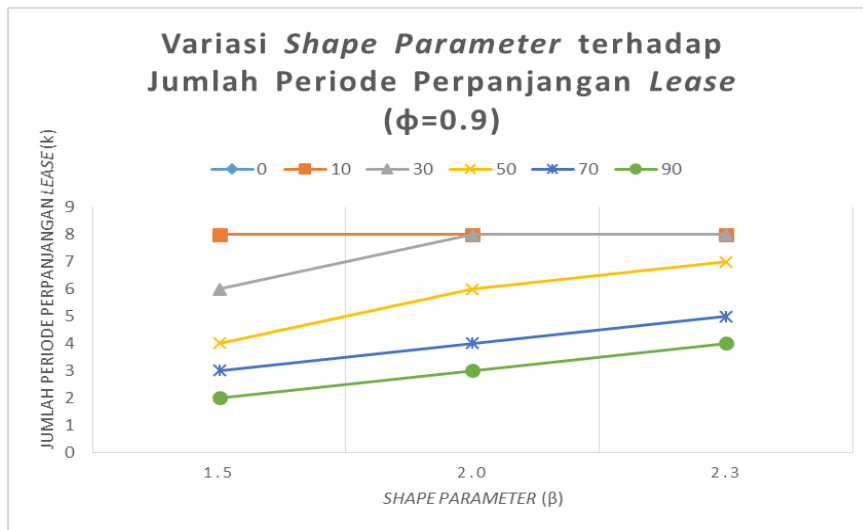
Berdasarkan sifat laju kerusakan peralatan yang meningkat seiring berjalannya waktu, maka semua variasi *shape parameter* yang digunakan menunjukkan laju kerusakan meningkat ($\beta > 1$). Perbedaan nilai *shape parameter* yang digunakan untuk menunjukkan pengaruh masing-masing laju kerusakan peralatan terhadap jumlah periode perpanjangan *lease* (k^*), besar kecilnya keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*, dan *maintenance degree* (x^*). Grafik variasi *shape parameter* terhadap jumlah periode perpanjangan *lease* (k^*) pada beberapa tingkat diskon dapat dilihat pada Gambar 5.10, 5.11, dan 5.12.



Gambar 5.10 Grafik variasi *shape parameter* terhadap jumlah periode perpanjangan *lease* pada $\phi = 0.7$



Gambar 5.11 Grafik variasi *shape parameter* terhadap jumlah periode perpanjangan *lease* pada $\phi = 0.8$



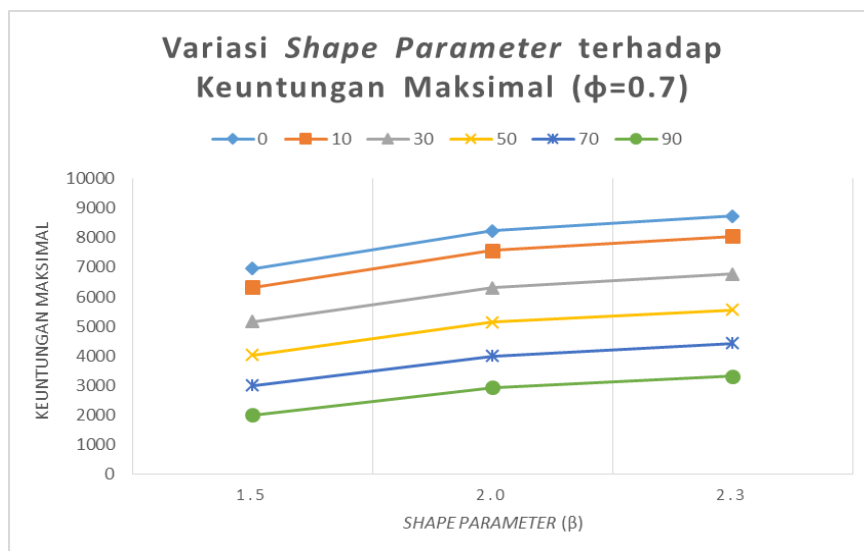
Gambar 5.12 Grafik variasi *shape parameter* terhadap jumlah periode perpanjangan *lease* pada $\phi = 0.9$

Garis-garis pada grafik Gambar 5.10, 5.11, dan 5.12 memiliki beberapa kecenderungan dari titik 1,5 sampai 2,3 pada setiap variasi biaya marjinal PM, yaitu: meningkat dan konstan. Kecenderungan meningkat tersebut menunjukkan bahwa semakin besar *shape parameter*, maka semakin banyak jumlah periode perpanjangan *lease* (k^*). Hal ini diperkuat dengan tidak ada garis yang memiliki kecenderungan menurun, ini menunjukkan bahwa tidak ada penurunan jumlah periode perpanjangan *lease* (k^*) seiring peningkatan *shape parameter*. Beberapa garis memiliki kecenderungan konstan, hal ini dipengaruhi oleh masa *extended lease* yang diukur dengan k^*L , dimana setiap nilai L mewakili periode perpanjangan *lease* selama enam bulan. Sehingga, nilai k tidak akan berubah jika peningkatan jumlah periode perpanjangan *lease* kurang dari enam bulan.

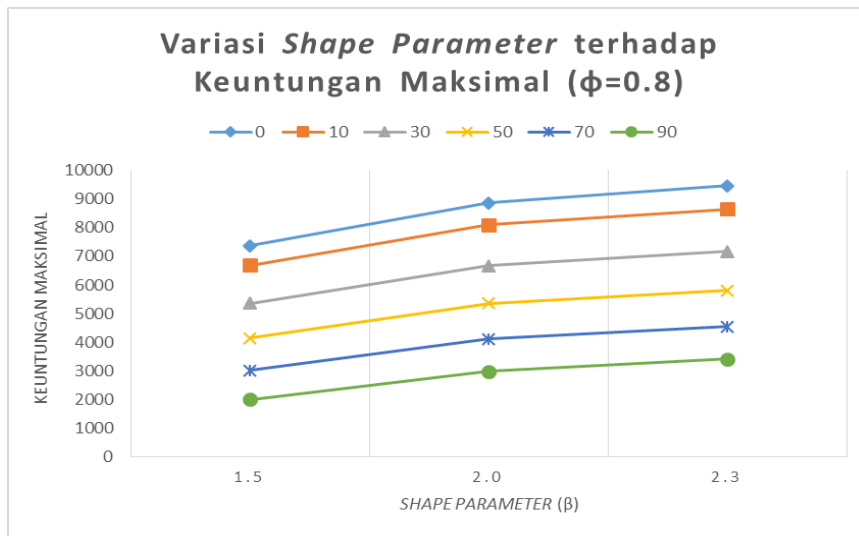
Semakin banyak jumlah periode perpanjangan *lease* (k^*) maka semakin panjang masa *extended lease* yang dilakukan oleh pihak *lessee*. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui contoh grafik pada Gambar 5.12 dengan biaya marjinal PM tertentu, ketika $(\phi, b) = (0.9, 50)$ jumlah periode perpanjangan *lease* (k^*) untuk masing-masing variasi *shape parameter* 1.5, 2, dan 2.3 adalah 4, 6, dan 7. Sehingga, panjang masa *extended lease* (k^*L) yang dilakukan pihak *lessee* yaitu:

- ✓ 4 x 6 bulan = 24 bulan, untuk *shape parameter* 1.5
- ✓ 6 x 6 bulan = 36 bulan, untuk *shape parameter* 2
- ✓ 7 x 6 bulan = 42 bulan, untuk *shape parameter* 2.3

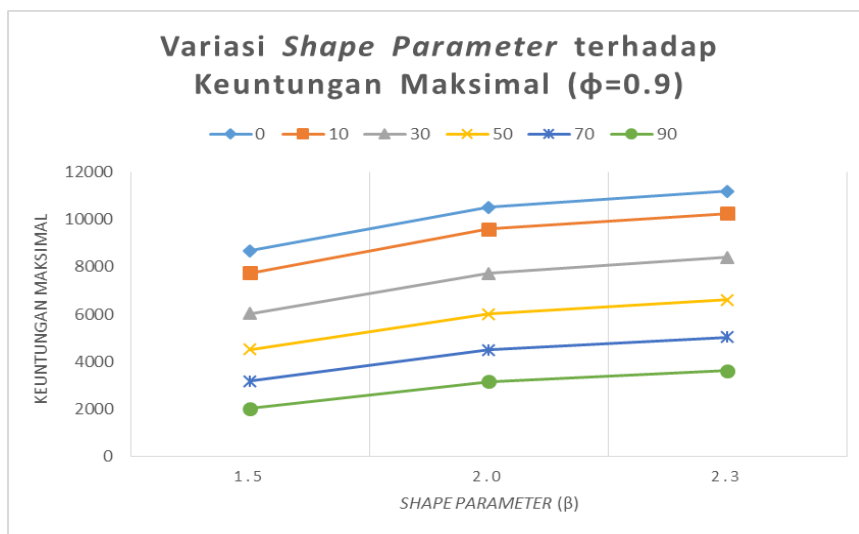
Selanjutnya, panjang masa *extended lease* akan mempengaruhi keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*. Semakin panjang masa *extended lease* menyebabkan semakin besar keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*. Sehingga, secara tidak langsung terdapat hubungan sebab akibat antara *shape parameter* dengan keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*. Grafik variasi *shape parameter* terhadap besar kecilnya keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor* terdapat pada Gambar 5.13, 5.14, dan 5.15.



Gambar 5.13 Grafik variasi *shape parameter* terhadap keuntungan maksimal *lessor* pada $\phi = 0.7$



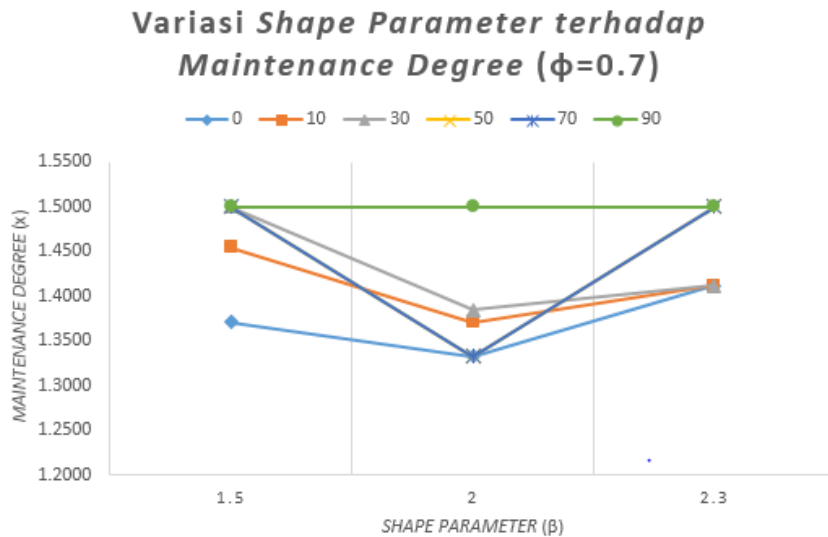
Gambar 5.14 Grafik variasi *shape parameter* terhadap keuntungan maksimal lessor pada $\phi = 0.8$



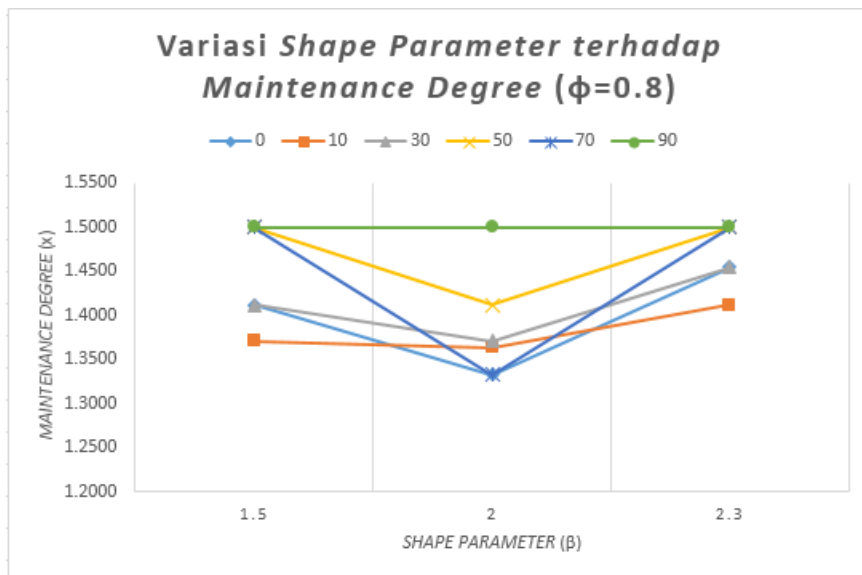
Gambar 5.15 Grafik variasi *shape parameter* terhadap keuntungan maksimal lessor pada $\phi = 0.9$

Semua garis memiliki kecenderungan meningkat pada grafik Gambar 5.13, 5.14, dan 5.15. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui contoh grafik pada Gambar 5.15 dengan biaya marjinal PM tertentu, ketika $(\phi, b) = (0.9, 50)$ keuntungan maksimal untuk masing-masing variasi *shape parameter* 1.5, 2, dan 2.3 adalah \$4319, \$5881, dan \$6485. Ini menunjukkan bahwa semakin besar *shape*

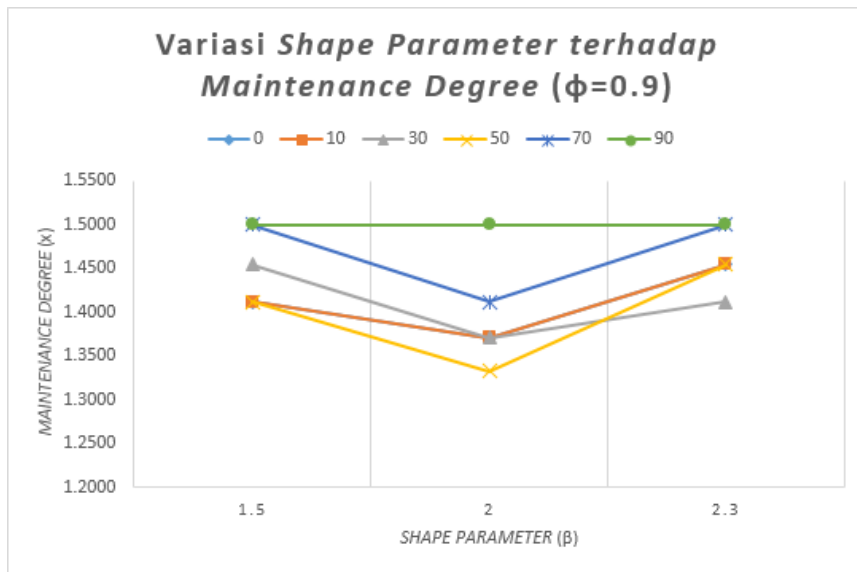
parameter, maka semakin besar keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*. Selain itu, *shape parameter* juga akan mempengaruhi *maintenance degree* yang diberikan. Grafik variasi *shape parameter* terhadap *maintenance degree* dapat dilihat pada Gambar 5.16, 5.17, dan 5.18.



Gambar 5.16 Grafik variasi *shape parameter* terhadap *maintenance degree* pada $\phi = 0.7$



Gambar 5.17 Grafik variasi *shape parameter* terhadap *maintenance degree* pada $\phi = 0.8$



Gambar 5.18 Grafik variasi *shape parameter* terhadap *maintenance degree* pada $\phi = 0.9$

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.16, 5.17, dan 5.18, ada dua kecenderungan pada setiap variasi biaya marjinal PM, yaitu: kecenderungan *maintenance degree* menurun pada *shape parameter* 1.5–2 dan kecenderungan *maintenance degree* meningkat pada *shape parameter* 2–2.3. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui contoh grafik pada Gambar 5.18 dengan biaya marjinal PM tertentu, ketika $(\phi, b) = (0.9, 50)$ *maintenance degree* untuk masing-masing variasi *shape parameter* 1.5, 2, dan 2.3 adalah 1.4118, 1.3333, dan 1.4545.

❖ Adanya variasi biaya marjinal PM

Semua grafik pada Gambar 5.1 sampai Gambar 5.15 di atas menunjukkan bahwa variasi biaya marjinal PM ($b = 0, 10, 30, 50, 70, 90$) memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap jumlah periode perpanjangan *lease*, jumlah tindakan PM, dan besar kecilnya keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*. Hal tersebut dapat dilihat dari perbedaan posisi garis masing-masing biaya marjinal PM pada setiap grafik. Posisi garis setiap variasi biaya marjinal PM dari rendah ke tinggi ($b = 0, 10, 30, 50, 70, 90$), berturut-turut berada pada posisi paling atas sampai ke paling bawah di setiap grafik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar biaya marjinal PM, maka semakin sedikit jumlah periode perpanjangan *lease* (Gambar 5.1, 5.2, 5.3, 5.10, 5.11, dan 5.12), semakin sedikit jumlah

tindakan PM (Gambar 5.4, 5.5, 5.6), dan semakin kecil keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor* (Gambar 5.7, 5.8, 5.9, 5.13, 5.14, 5.15), begitu juga sebaliknya.

Fungsi biaya PM adalah $C_p(x) = 30 + bx$ (\$), sehingga variasi biaya marjinal PM (b) akan mempengaruhi total biaya PM. Berdasarkan deskripsi model penelitian pada Gambar 4.4, total biaya PM akan mempengaruhi pembiayaan/pengeluaran yang kemudian akan mempengaruhi keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*. Semakin besar biaya marjinal PM, maka semakin besar total biaya PM. Semakin besar total biaya PM, maka semakin besar pembiayaan/pengeluaran dan semakin kecil keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*. Kecilnya keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor* menyebabkan berkurangnya penawaran jumlah periode perpanjangan *lease*, sehingga jumlah PM juga akan berkurang. Dengan demikian, semakin besar biaya marjinal PM maka semakin sedikit jumlah periode perpanjangan *lease*, jumlah tindakan PM, dan keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*, begitu juga sebaliknya.

5.3.2 Percobaan Numerik II

Hasil dari model penelitian ini akan dibandingkan dengan model Yeh et al. (2011). Beberapa hasil percobaan numerik II dan Yeh et al. (2011) yang akan digunakan sebagai contoh untuk perbandingan adalah ketika $(\beta, \phi) = (1.5, 0.7)$. Perbandingan hasil kedua penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Perbandingan Beberapa Hasil Percobaan Numerik Penelitian Ini dengan Yeh et al. (2011)

B	Penelitian Ini						Yeh et al. (2011)				
	$\phi = 0.7$ dan $\beta = 1.5$										
	k^*	$t_{bl} + k^*L$	n^*	m^*	$\theta^* = x^*$	$\max E[TP]$	k^*	k^*L	n^*	$\theta^* = x^*$	$\max E[TP]$
10	4	25	11	46	0.4255	2648	4	20	45	0.44	1767
30	3	20	10	32	0.4545	2173	3	15	32	0.46	1385
50	3	20	10	32	0.4545	1792	3	15	31	0.47	1094
70	2	15	8	17	0.5556	1445	2	10	18	0.53	837
90	2	15	7	15	0.6250	1168	2	10	16	0.59	649

Berdasarkan salah satu contoh pada Tabel 5.4 ketika $b = 50$, jumlah periode perpanjangan *lease* yang optimal pada penelitian ini dan Yeh et al. (2011) adalah sama, yaitu $k^* = 3$. Akan tetapi, total masa *lease* peralatan yang dihasilkan oleh kedua penelitian berbeda, yaitu: $20 (1L + 3L)$ dari model penelitian ini dan $15 (3L)$ dari model Yeh et al. (2011). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan model penelitian ini dapat menghasilkan total masa *lease* peralatan yang lebih panjang. Penelitian ini memiliki dua masa *lease*, yaitu *base* $(0, t_{bl}]$ dan *extended* $(t_{bl}, t_{el}]$, periode perpanjangan *lease* (*extended lease*) berada pada masa $(t_{bl}, t_{el}]$. Oleh karena itu, *lessor* akan menawarkan perpanjangan *lease* sebanyak $3L$ setelah periode *base lease* t_{bl} ($1L$) berakhir atau habis, sehingga total masa *lease* peralatan menjadi $4L$ selama siklus hidup peralatan. Sedangkan Yeh et al. (2011) hanya memiliki satu masa *lease* $(0, kL]$. Oleh karena itu, *lessor* akan menawarkan perpanjangan *lease* sebanyak $3L$ pada awal kontrak, sehingga total masa *lease* peralatan adalah $3L$ selama siklus hidup peralatan.

Kedua penelitian memiliki perbedaan variabel keputusan dalam menentukan kebijakan *maintenance* yang optimal. Variabel keputusan hasil penelitian ini adalah $(n^*, m^*, x^*, \theta^*) = (10, 32, 0.4545)$, artinya dengan PM *degree* dan batas kontrol untuk melakukan tindakan PM sebesar 0.4545 akan menghasilkan jumlah tindakan PM 10 kali dan 32 kali untuk periode *base* dan *extended*. Sedangkan variabel keputusan hasil Yeh et al. (2011) adalah $(n^*, x^*, \theta^*) = (31, 0.47)$, artinya dengan PM *degree* dan batas kontrol untuk melakukan tindakan PM sebesar 0.47 akan menghasilkan jumlah tindakan PM 31 kali selama periode *lease*. Hal ini menunjukkan bahwa penentuan kebijakan *maintenance* yang optimal dengan model penelitian ini adalah untuk dua masa yaitu *base* $(0, t_{bl}]$ dan *extended* $(t_{bl}, t_{el}]$, sedangkan model Yeh et al. (2011) untuk satu masa $(0, kL]$.

Berdasarkan keuntungan maksimal yang diperoleh dari kedua penelitian selama masa *lease* peralatan, $E[TP] = 1792(\$)$ pada penelitian ini dan $E[TP] = 1094(\$)$ pada Yeh et al. (2011), menunjukkan bahwa model penelitian ini menghasilkan keuntungan maksimal lebih besar daripada Yeh et al. (2011). Hal ini disebabkan oleh masa *lease* peralatan yang dihasilkan model penelitian ini

lebih lama daripada Yeh et al. (2011). Selain itu, diskon diberikan pada masa atau periode yang berbeda antara kedua penelitian. Pemberian diskon pada model penelitian ini hanya pada periode perpanjangan atau *extended lease* (t_{bl}, t_{el}], artinya berlaku harga normal untuk *base lease* ($0, t_{bl}$]. Sedangkan model Yeh et al. (2011) memberikan diskon selama periode *lease* ($0, kL$]. Hal ini menyebabkan pendapatan pada model penelitian ini akan lebih besar dari model Yeh et al. (2011), sehingga keuntungan atau profit maksimal *lessor* pada model penelitian ini juga akan lebih besar dari model Yeh et al. (2011). Perbandingan tingkat keuntungan maksimal per periode selama masa *lease* peralatan antara kedua penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Perbandingan Keuntungan Maksimal Per Periode Selama Masa *Lease* Peralatan

<i>b</i>	Penelitian Ini				Yeh et al. (2011)		
	$\phi = 0.7$ dan $\beta = 1.5$						
	$t_{bl} = 1$		max $E[TP]$	max $E[TP]$		max $E[TP]$	max $E[TP]$
	k^*	$t_{bl} + k^*$	selama masa <i>lease</i>	per periode <i>lease</i>	k^*	selama masa <i>lease</i>	per periode <i>lease</i>
10	4	5	2648	530	4	1767	442
30	3	4	2173	543	3	1385	462
50	3	4	1792	448	3	1094	365
70	2	3	1445	482	2	837	419
90	2	3	1168	389	2	649	325

Berdasarkan Tabel 5.5, tingkat keuntungan maksimal per periode *lease* adalah \$448 pada penelitian ini dan \$365 pada Yeh et al. (2011). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keuntungan maksimal per periode *lease* pada penelitian ini lebih besar daripada Yeh et al. (2011) selama masa *lease* peralatan untuk setiap variasi biaya marjinal PM.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan berisi hal-hal penting yang menjadi kesimpulan dari keseluruhan penelitian. Selain itu, ada saran untuk memperoleh kesempurnaan penelitian selanjutnya melalui proses pengembangan ilmu yang berkelanjutan.

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

- a. Pengembangan model kebijakan *maintenance* dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* yang ditawarkan di akhir masa kontrak bertujuan memaksimalkan keuntungan pihak *lessor* (yang menyewakan). Besar kecilnya keuntungan akan dipengaruhi oleh nilai pembiayaan dan pendapatan. Komponen-komponen yang terlibat dalam memodelkan pembiayaan yaitu:

1. Total biaya *repair/corrective maintenance* (CM)
2. Total biaya *preventive maintenance* (PM)
3. Harga beli peralatan

Sedangkan komponen-komponen yang terlibat dalam memodelkan pendapatan yaitu:

1. Total pembayaran dari *leasing* peralatan periode *base lease*
 2. Total pembayaran dari *leasing* peralatan periode *extended lease* (ada diskon atas perpanjangan kontrak)
 3. Nilai sisa peralatan setelah periode perpanjangan *lease* (*extended lease*) berakhir
- b. Pemodelan pembiayaan selama periode *lease* terdiri dari dua periode waktu, yaitu periode dasar (*base lease*) dan perpanjangan (*extended lease*). Komponen biaya pertama adalah total biaya *repair*, komponen ini diperoleh dengan mengalikan jumlah kegagalan selama periode *lease* (*base* dan *extended*) dengan biaya untuk setiap terjadinya kegagalan (biaya *minimal repair* dan penalti). Komponen biaya kedua adalah total biaya PM, komponen

ini diperoleh dengan mengalikan jumlah tindakan PM selama periode *lease* (*base* dan *extended*) dengan biaya untuk setiap tindakan PM. Pemodelan pembiayaan selama periode *lease* dilakukan dengan menjumlahkan kedua komponen biaya sebelumnya dengan komponen biaya ketiga yaitu harga beli peralatan.

- c. Pemodelan pendapatan selama siklus hidup peralatan sewaan dilakukan dengan menjumlahkan tiga komponen pendapatan. Komponen pendapatan pertama adalah total pembayaran dari *leasing* peralatan periode *base lease*, komponen ini diperoleh dengan mengalikan jumlah periode *base lease* dengan harga *leasing* peralatan per periode. Komponen pendapatan kedua adalah total pembayaran dari periode *extended lease*, komponen ini diperoleh dengan mengalikan jumlah periode *extended lease* dengan harga *leasing* peralatan per periode yang telah diberi diskon. Selanjutnya komponen ketiga adalah nilai sisa peralatan setelah periode perpanjangan *lease* (*extended lease*) berakhir, komponen ini diperoleh dengan mencari selisih antara harga beli peralatan dengan nilai atas penggunaan peralatan selama masa *leasing* peralatan.
- d. Kebijakan *maintenance* yang optimal dengan mempertimbangkan perpanjangan periode *lease* yang ditawarkan di akhir masa kontrak diperoleh dengan menentukan beberapa variabel keputusan berikut ini:
 1. Jumlah periode perpanjangan *lease* (*extended lease*)
 2. Jumlah tindakan PM selama periode *base lease*
 3. Jumlah tindakan PM selama periode *extended lease*
 4. *Maintenance degree* untuk tindakan PM. Semakin besar *maintenance degree*/tingkat perawatan, maka semakin lama jangka waktu untuk melakukan tindakan perawatan selanjutnya
 5. Batas kontrol *failure rate*, untuk menentukan kapan dilakukan tindakan PM selanjutnya (menggunakan *maintenance degree* sebagai batas kontrol)Besar kecilnya tingkat diskon yang diberikan untuk periode perpanjangan *lease* (*extended lease*), laju kerusakan peralatan sewaan (*shape parameter*), dan biaya marjinal PM akan mempengaruhi maksimasi keuntungan yang

diperoleh pihak *lessor* dalam menentukan kebijakan *maintenance* yang optimal. Berdasarkan hasil percobaan numerik I model penelitian ini, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Semakin besar tingkat diskon yang diberikan untuk periode perpanjangan *lease* (*extended lease*) yaitu 0.7-0.9, maka semakin banyak jumlah periode perpanjangan *lease*, jumlah tindakan PM selama periode *lease*, dan semakin besar keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*
 2. Semakin besar laju kerusakan peralatan sewaan (*shape parameter*) yaitu 1.5-2.3, maka semakin banyak jumlah periode perpanjangan *lease*, semakin besar keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*, dan semakin besar *maintenance degree* (ketika laju kerusakan peralatan sewaan ≥ 2)
 3. Semakin besar biaya marjinal PM yaitu 0-90, maka semakin sedikit jumlah periode perpanjangan *lease*, jumlah tindakan PM selama periode *lease*, dan semakin kecil keuntungan maksimal yang diperoleh pihak *lessor*
- e. Model kebijakan *maintenance* pada penelitian ini ditujukan untuk *lease* peralatan dengan dua masa, yaitu dasar (*base lease*) dan perpanjangan (*extended lease*) karena perpanjangan periode *lease* yang ditawarkan di akhir masa kontrak. Diskon diberikan untuk masa *extended lease*, sedangkan harga normal berlaku untuk masa *base lease*. Sehingga, keuntungan maksimal pihak *lessor* pada model penelitian ini (dua masa *lease*) akan lebih besar dengan masa *lease* peralatan yang lebih panjang daripada model untuk satu masa *lease* yang memberikan diskon selama masa *lease* peralatan. Oleh karena itu, tingkat keuntungan maksimal per periode *lease* pada penelitian ini menjadi lebih besar daripada Yeh et al. (2011) selama masa *lease* peralatan untuk setiap variasi biaya marjinal PM.

6.2 Saran

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, sehingga banyak hal yang bisa dikembangkan. Saran yang dapat diajukan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

- a. Melakukan pengembangan model pada sistem *leasing* peralatan untuk *multi equipment*.
- b. Memperhitungkan durasi waktu yang berbeda-beda untuk setiap tindakan *minimal repair*. Selanjutnya, menambahkan penalti kedua kepada pihak *lessor* jika durasi waktu tindakan *minimal repair* melebihi dari kesepakatan kontrak.
- c. Menambahkan penalti untuk pihak *lessee* jika kegagalan yang terjadi disebabkan kelalaian dari pihak *lessee*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, Agus, (1987), *Manajemen Produksi Pengendalian Produksi*, BPFE, Yogyakarta.
- Assauri, Sofyan, (2008), *Manajemen Produksi dan Operasi*, Edisi revisi, Fakultas Ekonomi UI, Jakarta.
- Barlow, R. E. dan Hunter, L. C. (1960), "Optimum Preventive Mathematical Policies", *Operations Research*, Vol. 8, hal. 90–100.
- Ben Mabrouk, A., Chelbi, A., dan Radhoui, M. (2016), "Optimal Imperfect Maintenance Strategy for Leased Equipment", *Int. J. Production Economics*, Vol.178, hal. 57–64.
- Bouguerra, S., Chelbi A., dan Rezg N. (2012), "A Decision Model for Adopting an Extended Warranty Under Different Maintenance Policies", *International Journal of Production Economics*, Vol.135, No.2, hal. 840-849.
- Chang,W. L. dan Lin, J. (2012), "Optimal Maintenance Policy and Length of Extended Warranty within The Life Cycle of Products", *Computers and Mathematics with Applications*, Vol. 63, hal. 144-150.
- Chang,W. L. dan Lo, H. (2011), "Joint Determination of Lease Period and Preventive Maintenance Policy for Leased Equipment with Residual Value", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 61, hal. 489-496.
- Corder, A. S., (1976), *Maintenance Management Techniques*, McGraw-Hill, London.
- Coyle, B., (2000), *Framework for Credit Risk Management*, CIB Publishing, United Kingdom.
- Desai, P. dan Purohit, D. (1998), "Leasing and Selling: Optimal Marketing Strategies for a Durable Goods Firm", *Management Science*, Vol. 44, hal. 19-34.
- Dhillon, B.S, (2006), *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*, Taylor & Francis, Boca Raton.
- Ebeling, Charles E., (1997), *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, McGraw-Hill, Singapore.
- Glickman, T. S. dan Berger, P. D. (1976), "Optimal Price and Protection Period Decisions for a Product Under Warranty", *Management Science*, Vol. 22, hal. 1381–1390.

- Ikatan Akuntansi Indonesia, (2007), *Pernyataan Standar Akuntansi Keuangan (PSAK) No. 31*, Salemba Empat, Jakarta.
- Jack, N., dan Murthy, D. N. P. (2007), “A Flexible Extended Warranty and Related Optimal Strategies”, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 58, hal. 1612–1620.
- Jardine, A.K.S., (1987), *Maintenance, Replacement and Reliability*, Pitman Publishing, New York.
- Jaturonnatee, J., Murthy, D. N. P., dan Boondiskulchok, R. (2006), “Optimal Preventive Maintenance of Leased Equipment with Corrective Minimal Repairs”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, hal. 201–215.
- Menteri Keuangan Republik Indonesia (1991), *Keputusan Menteri Keuangan Republik Indonesia tentang Kegiatan Sewa Guna Usaha (Leasing)*, No. 1169/ KMK.01/1991, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Menteri Keuangan Republik Indonesia (1998), *Keputusan Menteri Keuangan Republik Indonesia tentang Kegiatan Sewa Guna Usaha (Leasing)*, No. 1251/KMK/013/1998, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Nakagawa, T. (1981), “A Summary of Periodic Replacement with Minimal Repair at Failure”, *Journal of the Operational Research Society of Japan*, Vol. 24, hal. 213–227.
- Nakagawa, T., dan Kowada, M. (1983), “Analysis of a System with Minimal Repair and Its Application to Replacement Policy”, *European Journal of Operational Research*, Vol.12, hal. 176–182.
- Nisbet, A. dan Ward, A. (2001), “Radiotherapy Equipment – Purchase or Lease?”, *The British Journal of Radiology*, Vol. 74, hal. 735–744.
- Pongpech, J. dan Murthy, D. N. P. (2006), “Optimal Periodic Preventive Maintenance Policy for Leased Equipment”, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol.91, hal. 772–777.
- Setiawan, F.D., (2008), *Perawatan Mekanikal Mesin Produksi*, Maximus, Yogyakarta.
- Shahanaghi, K., Noorossana, R., Jalali-Naini, S. G., dan Heydari, M. (2013), “Failure Modeling and Optimizing Preventive Maintenance Strategy During Two-Dimensional Extended Warranty Contracts”, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 28, hal. 90-102.

- Su, C. dan Wang, X. (2016), “A Two-Stage Preventive Maintenance Optimization Model Incorporating Two-Dimensional Extended Warranty”, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 155, hal. 169-178.
- Supandi, (1990), *Manajemen Perawatan Industri*, Ganeca Exact, Bandung.
- Tampubolon, P. Manahan, (2004), *Manajemen Operasional*, Edisi pertama, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Wang, H. dan Pham, H., (2006), *Reliability and Optimal Maintenance*, Springer-Verlag, London.
- Yeh, R. H., dan Chang, W. L. (2007), “Optimal Threshold Value of Failure-Rate for Leased Products with Preventive Maintenance Actions”, *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 46, hal. 730-737.
- Yeh, R. H., Chang, W. L., dan Lo, H. (2011), “Optimal Length of Lease Period and Maintenance Policy for Leased Equipment with a Control-Limit on Age”, *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 54, No. 9-10, hal. 2014-2019.
- Zhou, X., Li, Y., Xi, L., dan Lee, J. (2014),”Multi-Phase Preventive Maintenance Policy for Leased Equipment”, *Int. J. Prod. Res.*, hal. 4528–4537.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A.1

Perintah pada Matlab untuk Percobaan Numerik I

```
clc
clear all
k=1;
n=1;
m=1;
td=100;
tbl=48;
L=6;
tao=0.1;
teta=0.7;
v=2000;
vd=100;
cm=220;
cf=180;
alpha=5;
beta=1.5;
hbl=9600;
hel=1200;
b=50;
maxetp=0;
kaverage=(td-tbl)/L;
naverage=tbl/tao;
for k=1:kaverage
    maverage=k*L/tao;
    for n=1:naverage
        for m=1:maverage
            x(m,n)=max((tbl/(n+1)), (k*L/(m+1)));
            if (tbl+k*L) < (n+m)*x(m,n)
                etp(m,n)=0;
            else
                etp(m,n)=hbl+hel*((1-teta^k)/(1-teta))-((v-
vd)*(tbl+k*L)/td)-
(cm+cf)*(((n+m)*((x(m,n)/alpha)^beta))+((tbl+k*L-
(n+m)*x(m,n))/alpha)^beta))-((n+m)*(30+b*x(m,n)));
            end
        end
    end
    etpbaru(k,1:n*m)=reshape(etp',1,numel(etp));
end
[maxetptiapk,k]=max(etpbaru);
[maxetpbaru,nmbaru]=max(maxetptiapk);
kbaru=k(nmbaru)
mbaru=ceil(nmbaru/n)
nbaru=mod(nmbaru,n);
```

```
if nbaru==0
    nbaru=n
else
    nbaru=nbaru
end
xbaru=max((tbl/(nbaru+1)),(kbaru*L/(mbaru+1)))
maxetpbaru
```

LAMPIRAN A.2

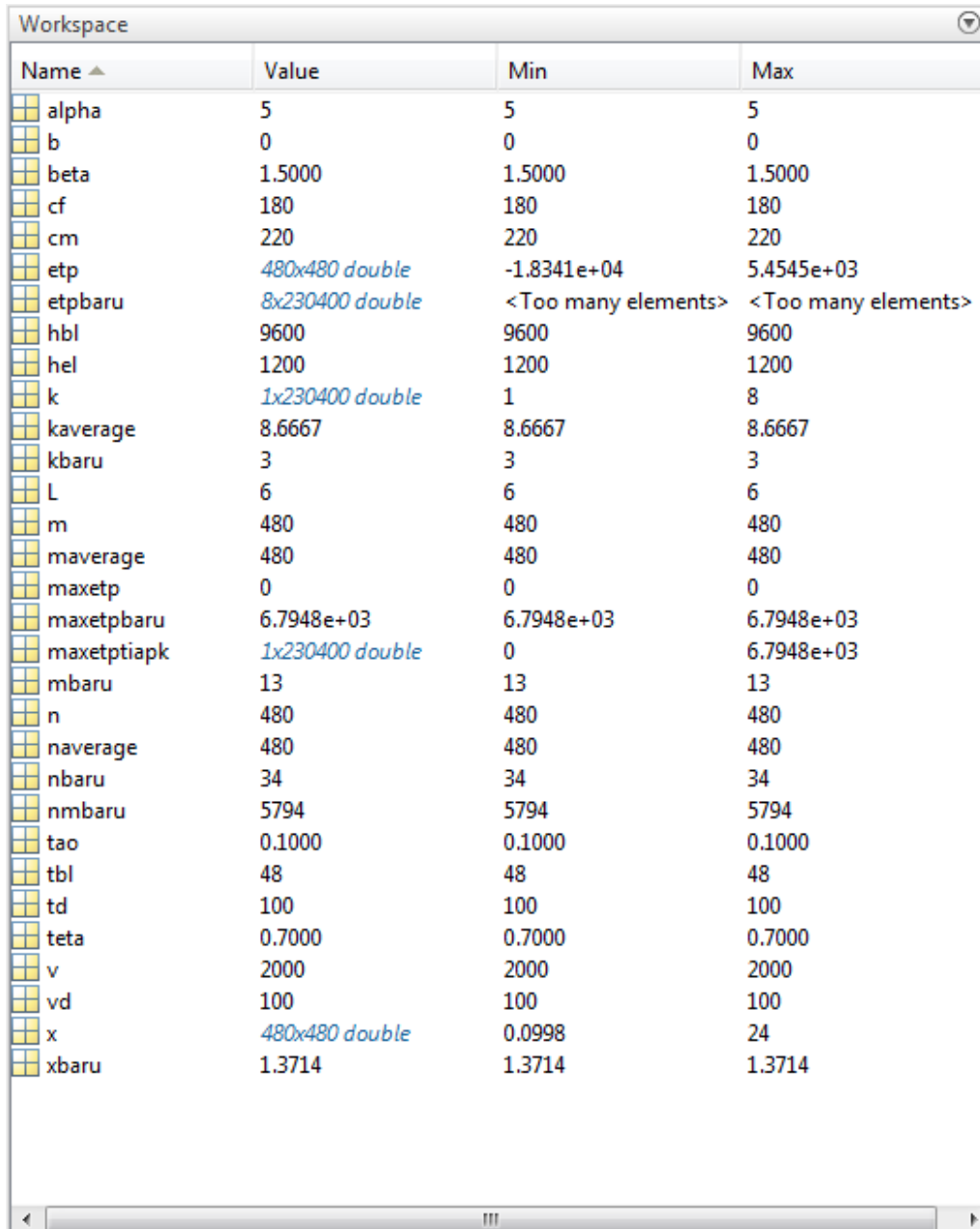
Perintah pada Matlab untuk Percobaan Numerik II

```
clc
clear all
k=1;
n=1;
m=1;
td=100;
tbl=5;
L=5;
tao=0.02;
teta=0.7;
v=2000;
vd=100;
cm=220;
cf=180;
alpha=5;
beta=1.5;
hbl=1200;
hel=1200;
b=50;
maxetp=0;
kaverage=(td-tbl)/L;
naverage=tbl/tao;
for k=1:kaverage
    maverage=k*L/tao;
    for n=1:naverage
        for m=1:maverage
            x(m,n)=max((tbl/(n+1)), (k*L/(m+1)));
            if (tbl+k*L) < (n+m)*x(m,n)
                etp(m,n)=0;
            else
                etp(m,n)=hbl+hel*((1-teta^k)/(1-teta))-((v-
vd)*(tbl+k*L)/td)-
(cm+cf)*(((n+m)*((x(m,n)/alpha)^beta))+((tbl+k*L-
(n+m)*x(m,n))/alpha)^beta))-((n+m)*(5+b*x(m,n)));
            end
        end
    end
    etpbaru(k,1:n*m)=reshape(etp',1,numel(etp));
end
[maxetptiapk,k]=max(etpbaru);
[maxetpbaru,nmbaru]=max(maxetptiapk);
kbaru=k(nmbaru)
mbaru=ceil(nmbaru/n)
nbaru=mod(nmbaru,n);
```

```
if nbaru==0
    nbaru=n
else
    nbaru=nbaru
end
xbaru=max((tbl/(nbaru+1)),(kbaru*L/(mbaru+1)))
maxetpbaru
```

LAMPIRAN B.1

Hasil Matlab dari Percobaan Numerik I



The screenshot shows the MATLAB Workspace window with a table of variables. Each variable is represented by a small grid icon. The table has four columns: Name, Value, Min, and Max. The variables and their corresponding values are listed below.

Name	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-1.8341e+04	5.4545e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	6.7948e+03	6.7948e+03	6.7948e+03
maxetptiapk	1x230400 double	0	6.7948e+03
mbaru	13	13	13
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	5794	5794	5794
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3714	1.3714	1.3714

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-1.7117e+04	6.6785e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	7.2137e+03	7.2137e+03	7.2137e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	0	7.2137e+03
mbaru	16	16	16
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	7234	7234	7234
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-1.5276e+04	8.5195e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	8	8	8
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	8.5195e+03	8.5195e+03	8.5195e+03
maxetptiapk	1x230400 double	0	8.5195e+03
mbaru	33	33	33
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	15394	15394	15394
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-1.9299e+04	4.5086e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	6.1513e+03	6.1513e+03	6.1513e+03
maxetptiapk	1x230400 double	0	6.1513e+03
mbaru	12	12	12
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	32	32	32
nmbaru	5312	5312	5312
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4545	1.4545	1.4545

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-1.8075e+04	5.7326e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	6.5090e+03	6.5090e+03	6.5090e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	0	6.5090e+03
mbaru	17	17	17
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	7714	7714	7714
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.3714	1.3714	1.3714

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-1.6234e+04	7.5736e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	8	8	8
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	7.5736e+03	7.5736e+03	7.5736e+03
maxetptiapk	1x230400 double	0	7.5736e+03
mbaru	33	33	33
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	15394	15394	15394
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-2.1215e+04	2.6395e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	4.9665e+03	4.9665e+03	4.9665e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-664.8321	4.9665e+03
mbaru	7	7	7
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	2911	2911	2911
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-1.9991e+04	3.8634e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	5.1786e+03	5.1786e+03	5.1786e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-664.8321	5.1786e+03
mbaru	12	12	12
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	33	33	33
nmbaru	5313	5313	5313
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-1.8150e+04	5.7045e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	6	6	6
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	5.8431e+03	5.8431e+03	5.8431e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-660.2441	5.8431e+03
mbaru	24	24	24
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	32	32	32
nmbaru	11072	11072	11072
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.4545	1.4545	1.4545

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-2.3131e+04	776.5849
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	3.8265e+03	3.8265e+03	3.8265e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-1.6248e+03	3.8265e+03
mbaru	7	7	7
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	2911	2911	2911
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-2.1907e+04	2.0005e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	3.9465e+03	3.9465e+03	3.9465e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-1.6248e+03	3.9465e+03
mbaru	7	7	7
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	2911	2911	2911
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-2.0066e+04	3.8416e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	4.3196e+03	4.3196e+03	4.3196e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-1.6202e+03	4.3196e+03
mbaru	16	16	16
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	33	33	33
nmbaru	7233	7233	7233
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-2.5047e+04	0
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	6
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	1	1	1
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	2.7634e+03	2.7634e+03	2.7634e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.5848e+03	2.7634e+03
mbaru	3	3	3
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	991	991	991
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-2.3823e+04	138.7258
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	2.8065e+03	2.8065e+03	2.8065e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.5848e+03	2.8065e+03
mbaru	7	7	7
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	2911	2911	2911
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-2.1982e+04	1.9798e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	2.9816e+03	2.9816e+03	2.9816e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.5802e+03	2.9816e+03
mbaru	11	11	11
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	4831	4831	4831
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-2.6963e+04	0
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	6
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	1	1	1
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	1.7434e+03	1.7434e+03	1.7434e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-3.5448e+03	1.7434e+03
mbaru	3	3	3
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	991	991	991
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-2.5739e+04	0
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	6
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	1	1	1
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	1.7434e+03	1.7434e+03	1.7434e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-3.5448e+03	1.7434e+03
mbaru	3	3	3
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	991	991	991
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-2.3898e+04	119.4345
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	1.7865e+03	1.7865e+03	1.7865e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-3.5402e+03	1.7865e+03
mbaru	7	7	7
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	2911	2911	2911
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.3811e+04	7.3689e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	8.1456e+03	8.1456e+03	8.1456e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-9294	8.1456e+03
mbaru	17	17	17
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	36	36	36
nmbaru	7716	7716	7716
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3333	1.3333	1.3333

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.2587e+04	8.5929e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	6	6	6
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	8.7791e+03	8.7791e+03	8.7791e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-9294	8.7791e+03
mbaru	26	26	26
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	36	36	36
nmbaru	12036	12036	12036
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3333	1.3333	1.3333

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-4.0746e+04	1.0434e+04
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	8	8	8
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	1.0434e+04	1.0434e+04	1.0434e+04
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-9294	1.0434e+04
mbaru	34	34	34
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	35	35	35
nmbaru	15875	15875	15875
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.3714	1.3714	1.3714

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.4291e+04	6.4226e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	7.4670e+03	7.4670e+03	7.4670e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-9774	7.4670e+03
mbaru	13	13	13
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	5794	5794	5794
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3714	1.3714	1.3714

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.3067e+04	7.6466e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	5	5	5
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	7.9993e+03	7.9993e+03	7.9993e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-9774	7.9993e+03
mbaru	21	21	21
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	35	35	35
nmbaru	9635	9635	9635
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3636	1.3636	1.3636

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.1226e+04	9.4876e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	8	8	8
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	9.4876e+03	9.4876e+03	9.4876e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-9774	9.4876e+03
mbaru	34	34	34
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	35	35	35
nmbaru	15875	15875	15875
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3714	1.3714	1.3714

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-4.5251e+04	4.5410e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	6.1870e+03	6.1870e+03	6.1870e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-10734	6.1870e+03
mbaru	12	12	12
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	5314	5314	5314
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.3846	1.3846	1.3846

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.4027e+04	5.7650e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	6.5437e+03	6.5437e+03	6.5437e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-10734	6.5437e+03
mbaru	17	17	17
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	7714	7714	7714
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3714	1.3714	1.3714

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.2186e+04	7.6060e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	8	8	8
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	7.6060e+03	7.6060e+03	7.6060e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-10734	7.6060e+03
mbaru	34	34	34
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	15874	15874	15874
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3714	1.3714	1.3714

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.6211e+04	2.6759e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	5.0064e+03	5.0064e+03	5.0064e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-11694	5.0064e+03
mbaru	8	8	8
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	35	35	35
nmbaru	3395	3395	3395
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3333	1.3333	1.3333

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-4.4987e+04	3.8998e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	5.2149e+03	5.2149e+03	5.2149e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-11694	5.2149e+03
mbaru	12	12	12
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	33	33	33
nmbaru	5313	5313	5313
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.3146e+04	5.7408e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	6	6	6
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	5.8812e+03	5.8812e+03	5.8812e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-11694	5.8812e+03
mbaru	26	26	26
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	35	35	35
nmbaru	12035	12035	12035
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3333	1.3333	1.3333

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-4.7171e+04	810.8059
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	3.8598e+03	3.8598e+03	3.8598e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-12654	3.8598e+03
mbaru	8	8	8
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	35	35	35
nmbaru	3395	3395	3395
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.3333	1.3333	1.3333

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.5947e+04	2.0348e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	3.9798e+03	3.9798e+03	3.9798e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-12654	3.9798e+03
mbaru	8	8	8
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	35	35	35
nmbaru	3395	3395	3395
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.3333	1.3333	1.3333

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.4106e+04	3.8758e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	4.3563e+03	4.3563e+03	4.3563e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-12654	4.3563e+03
mbaru	16	16	16
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	33	33	33
nmbaru	7233	7233	7233
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.8131e+04	0
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	6
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	1	1	1
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	2796	2796	2796
maxetptiapk	1x230400 double	-13614	2796
mbaru	3	3	3
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	991	991	991
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-4.6907e+04	171.2356
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	2838	2838	2838
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-13614	2838
mbaru	7	7	7
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	2911	2911	2911
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	2	2	2
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-4.5066e+04	2.0123e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	3012	3012	3012
maxetptiapk	1x230400 double	-13614	3012
mbaru	11	11	11
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	4831	4831	4831
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-9.0681e+04	8.0528e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	8.6587e+03	8.6587e+03	8.6587e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-2.0403e+04	8.6587e+03
mbaru	16	16	16
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	7234	7234	7234
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-8.9457e+04	9.2768e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	6	6	6
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	9.3769e+03	9.3769e+03	9.3769e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.0403e+04	9.3769e+03
mbaru	25	25	25
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	32	32	32
nmbaru	11552	11552	11552
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.4545	1.4545	1.4545

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-8.7616e+04	1.1118e+04
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	8	8	8
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	1.1118e+04	1.1118e+04	1.1118e+04
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.0403e+04	1.1118e+04
mbaru	32	32	32
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	33	33	33
nmbaru	14913	14913	14913
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.4545	1.4545	1.4545

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-9.1161e+04	7.1074e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	7.9528e+03	7.9528e+03	7.9528e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.0883e+04	7.9528e+03
mbaru	16	16	16
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	34	34	34
nmbaru	7234	7234	7234
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-8.9937e+04	8.3313e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	5	5	5
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	8.5548e+03	8.5548e+03	8.5548e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.0883e+04	8.5548e+03
mbaru	21	21	21
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	33	33	33
nmbaru	9633	9633	9633
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-8.8096e+04	1.0172e+04
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	8	8	8
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	1.0172e+04	1.0172e+04	1.0172e+04
maxetptiapk	1x230400 double	-2.0883e+04	1.0172e+04
mbaru	32	32	32
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	33	33	33
nmbaru	14913	14913	14913
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4545	1.4545	1.4545

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-9.2121e+04	5.2224e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	6.6571e+03	6.6571e+03	6.6571e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-2.1843e+04	6.6571e+03
mbaru	12	12	12
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	33	33	33
nmbaru	5313	5313	5313
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-9.0897e+04	6.4464e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	7.0586e+03	7.0586e+03	7.0586e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-2.1843e+04	7.0586e+03
mbaru	16	16	16
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	32	32	32
nmbaru	7232	7232	7232
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4545	1.4545	1.4545

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-8.9056e+04	8.2874e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	8	8	8
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	8.2874e+03	8.2874e+03	8.2874e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.1843e+04	8.2874e+03
mbaru	33	33	33
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	33	33	33
nmbaru	15393	15393	15393
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.4118	1.4118	1.4118

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-9.3081e+04	3.3599e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	5.4332e+03	5.4332e+03	5.4332e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-2.2803e+04	5.4332e+03
mbaru	7	7	7
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	2911	2911	2911
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-9.1857e+04	4.5839e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	5.6868e+03	5.6868e+03	5.6868e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.2803e+04	5.6868e+03
mbaru	11	11	11
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	4831	4831	4831
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-9.0016e+04	6.4249e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	7	7	7
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	6.4852e+03	6.4852e+03	6.4852e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-2.2803e+04	6.4852e+03
mbaru	28	28	28
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	32	32	32
nmbaru	12992	12992	12992
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.4545	1.4545	1.4545

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-9.4041e+04	1.4981e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	4.2932e+03	4.2932e+03	4.2932e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.3763e+04	4.2932e+03
mbaru	7	7	7
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	2911	2911	2911
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-9.2817e+04	2.7221e+03
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	3	3	3
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	4.4268e+03	4.4268e+03	4.4268e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-2.3763e+04	4.4268e+03
mbaru	11	11	11
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	4831	4831	4831
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-9.0976e+04	4.5631e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	5	5	5
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	4.9043e+03	4.9043e+03	4.9043e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.3763e+04	4.9043e+03
mbaru	19	19	19
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	8671	8671	8671
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

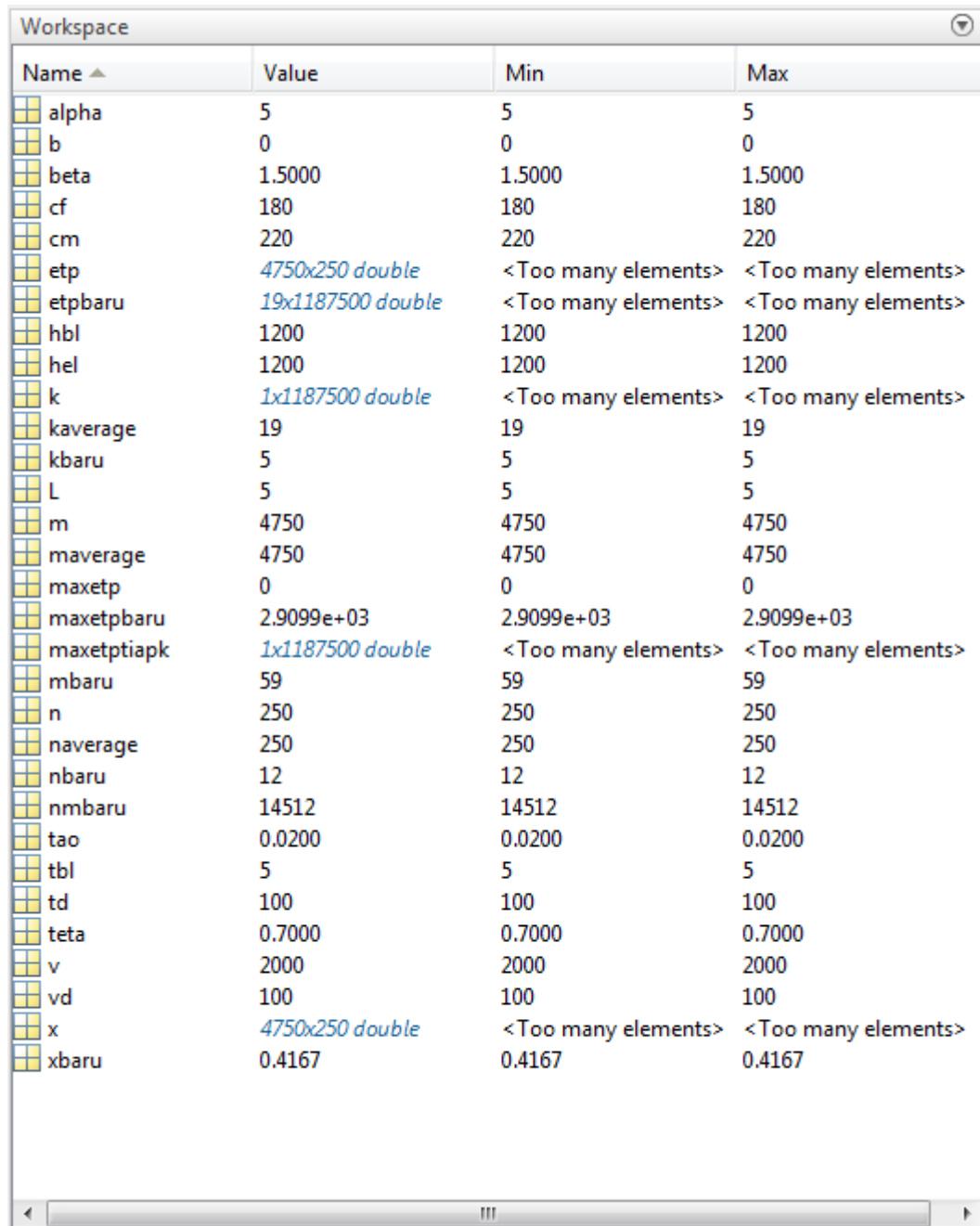
Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-9.5001e+04	0
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	7
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	1	1	1
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	3.1875e+03	3.1875e+03	3.1875e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.4723e+04	3.1875e+03
mbaru	3	3	3
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	991	991	991
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	480x480 double	-9.3777e+04	860.4682
etpbaru	8x230400 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	1x230400 double	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	2	2	2
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	3.2732e+03	3.2732e+03	3.2732e+03
maxetptiapk	1x230400 double	-2.4723e+04	3.2732e+03
mbaru	7	7	7
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	2911	2911	2911
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.8000	0.8000	0.8000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	480x480 double	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	2.3000	2.3000	2.3000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>480x480 double</i>	-9.1936e+04	2.7015e+03
etpbaru	<i>8x230400 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	9600	9600	9600
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x230400 double</i>	1	8
kaverage	8.6667	8.6667	8.6667
kbaru	4	4	4
L	6	6	6
m	480	480	480
maverage	480	480	480
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	3.4913e+03	3.4913e+03	3.4913e+03
maxetptiapk	<i>1x230400 double</i>	-2.4723e+04	3.4913e+03
mbaru	15	15	15
n	480	480	480
naverage	480	480	480
nbaru	31	31	31
nmbaru	6751	6751	6751
tao	0.1000	0.1000	0.1000
tbl	48	48	48
td	100	100	100
teta	0.9000	0.9000	0.9000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>480x480 double</i>	0.0998	24
xbaru	1.5000	1.5000	1.5000

LAMPIRAN B.2

Hasil Matlab dari Percobaan Numerik II



The screenshot shows the MATLAB Workspace window with a table of variables. The table has four columns: Name, Value, Min, and Max. The variables listed are alpha, b, beta, cf, cm, etp, etpbaru, hbl, hel, k, kaverage, kbaru, L, m, maverage, maxetp, maxetpbaru, maxetptiapk, mbaru, n, naverage, nbaru, nmbaru, tao, tbl, td, teta, v, vd, x, and xbaru. Some variables like etp, etpbaru, k, and x are marked as double arrays with dimensions and are shown as '<Too many elements>' in the Min and Max columns.

Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	0	0	0
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	4750x250 double	<Too many elements>	<Too many elements>
etpbaru	19x1187500 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	1200	1200	1200
hel	1200	1200	1200
k	1x1187500 double	<Too many elements>	<Too many elements>
kaverage	19	19	19
kbaru	5	5	5
L	5	5	5
m	4750	4750	4750
maverage	4750	4750	4750
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	2.9099e+03	2.9099e+03	2.9099e+03
maxetptiapk	1x1187500 double	<Too many elements>	<Too many elements>
mbaru	59	59	59
n	250	250	250
naverage	250	250	250
nbaru	12	12	12
nmbaru	14512	14512	14512
tao	0.0200	0.0200	0.0200
tbl	5	5	5
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	4750x250 double	<Too many elements>	<Too many elements>
xbaru	0.4167	0.4167	0.4167

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	10	10	10
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>4750x250 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
etpbaru	<i>19x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	1200	1200	1200
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
kaverage	19	19	19
kbaru	4	4	4
L	5	5	5
m	4750	4750	4750
maverage	4750	4750	4750
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	2.6480e+03	2.6480e+03	2.6480e+03
maxetptiapk	<i>1x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
mbaru	46	46	46
n	250	250	250
naverage	250	250	250
nbaru	11	11	11
nmbaru	11261	11261	11261
tao	0.0200	0.0200	0.0200
tbl	5	5	5
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>4750x250 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
xbaru	0.4255	0.4255	0.4255

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	30	30	30
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>4750x250 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
etpbaru	<i>19x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	1200	1200	1200
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
kaverage	19	19	19
kbaru	3	3	3
L	5	5	5
m	4750	4750	4750
maverage	4750	4750	4750
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	2.1738e+03	2.1738e+03	2.1738e+03
maxetptiapk	<i>1x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
mbaru	32	32	32
n	250	250	250
naverage	250	250	250
nbaru	10	10	10
nmbaru	7760	7760	7760
tao	0.0200	0.0200	0.0200
tbl	5	5	5
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>4750x250 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
xbaru	0.4545	0.4545	0.4545

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	50	50	50
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>4750x250 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
etpbaru	<i>19x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	1200	1200	1200
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
kaverage	19	19	19
kbaru	3	3	3
L	5	5	5
m	4750	4750	4750
maverage	4750	4750	4750
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	1.7920e+03	1.7920e+03	1.7920e+03
maxetptiapk	<i>1x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
mbaru	32	32	32
n	250	250	250
naverage	250	250	250
nbaru	10	10	10
nmbaru	7760	7760	7760
tao	0.0200	0.0200	0.0200
tbl	5	5	5
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>4750x250 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
xbaru	0.4545	0.4545	0.4545

Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	70	70	70
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	4750x250 double	<Too many elements>	<Too many elements>
etpbaru	19x1187500 double	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	1200	1200	1200
hel	1200	1200	1200
k	1x1187500 double	<Too many elements>	<Too many elements>
kaverage	19	19	19
kbaru	2	2	2
L	5	5	5
m	4750	4750	4750
maverage	4750	4750	4750
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	1.4455e+03	1.4455e+03	1.4455e+03
maxetptiapk	1x1187500 double	<Too many elements>	<Too many elements>
mbaru	17	17	17
n	250	250	250
naverage	250	250	250
nbaru	8	8	8
nmbaru	4008	4008	4008
tao	0.0200	0.0200	0.0200
tbl	5	5	5
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	4750x250 double	<Too many elements>	<Too many elements>
xbaru	0.5556	0.5556	0.5556

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
alpha	5	5	5
b	90	90	90
beta	1.5000	1.5000	1.5000
cf	180	180	180
cm	220	220	220
etp	<i>4750x250 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
etpbaru	<i>19x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
hbl	1200	1200	1200
hel	1200	1200	1200
k	<i>1x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
kaverage	19	19	19
kbaru	2	2	2
L	5	5	5
m	4750	4750	4750
maverage	4750	4750	4750
maxetp	0	0	0
maxetpbaru	1.1686e+03	1.1686e+03	1.1686e+03
maxetptiapk	<i>1x1187500 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
mbaru	15	15	15
n	250	250	250
naverage	250	250	250
nbaru	7	7	7
nmbaru	3507	3507	3507
tao	0.0200	0.0200	0.0200
tbl	5	5	5
td	100	100	100
teta	0.7000	0.7000	0.7000
v	2000	2000	2000
vd	100	100	100
x	<i>4750x250 double</i>	<Too many elements>	<Too many elements>
xbaru	0.6250	0.6250	0.6250

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Cindy Lestari, lahir pada November 1991 di Batam. Penulis merupakan putri ketiga dari Bapak Hermanto Suyatim dan Ibu Sitti Hawa. Penulis menempuh pendidikan mulai dari TK, SD, SMP sampai SMA di Batam. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Program Strata-1 di Jurusan Teknik Industri UPN “Veteran” Yogyakarta angkatan 2009. Penulis aktif mengikuti kepanitiaan acara-acara yang ada di jurusan. Selain itu, penulis juga pernah menjadi anggota organisasi kemahasiswaan tingkat fakultas, yaitu BEM Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Yogyakarta. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Program Strata-2 di Jurusan Teknik Industri ITS pada Bidang Konsentrasi Manajemen Kualitas dan Manufaktur. Penulis resmi menjadi mahasiswa ITS pada September 2015. Penulis sangat gemar kuliner makanan dan *travelling*. Alhamdulillah, selama berkuliah di ITS sudah banyak mencoba makanan enak Surabaya dan masih sempat melakukan *travelling* dalam rangka *recharge energy* setelah berperang dengan tugas-tugas (khususnya selama masa penyelesaian tesis). Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi penulis melalui email cindylestari00@gmail.com.

“Let your dreams be bigger than your fears and your action be louder than your words”.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)